

KÄYTTÄJÄKESKEISEN KUNNOSSAPITOSUUNNITELMAN LUOMINEN

Matti Mäkinen

Opinnäytetyö
Marraskuu 2012

Paperikoneteknologian koulutusohjelma
Tekniikan ja liikenteen ala



JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULU
JAMK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Tekijä(t) MÄKINEN, Matti	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 22.11.2012
	Sivumäärä 74	Julkaisun kieli Suomi
	() saakka	Verkkojulkaisulupa myönnetty (X)
Työn nimi KÄYTTÄJÄKESKEISEN KUNNOSSAPITOSUUNNITELMAN LUOMINEN		
Koulutusohjelma Paperikoneteknologian koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) MARJAKOSKI, Mikko, Projekti-insinööri		
Toimeksiantaja(t) Teknikum Suzhou KILPINEN, Cary, Toimitusjohtaja PELTONEN, Mika, Operatiivinen johtaja		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyö tehtiin Teknikum Suzhoulle Kiinaan ja sen tavoitteena oli luoda käyttäjäkeskeinen kunnossapitosuunnitelma toimipaikassa toimivalle hiekkapuhallinkoneelle. Tavoitteeseen päästäkseen oli kehitettävä vikahistorian keräysmenetelmä hiekkapuhaltimelle, selvitettävä puhaltimen toiminta ja vikaantuminen ja tämän jälkeen luoda toiminnallinen taso, johon käyttäjäkeskeinen kunnossapitosuunnitelman pyrki.</p> <p>Opinnäytetyön alussa tuli ymmärtää, kuinka hiekkapuhallin toimii ja vikaantuu. Vikahistorian keräys toi konkreettista tietoa vikaantumiskohteista ja ajoista. RCM-menetelmään pohjautuva kohteen toiminnan ja vikaantumisen mallinnus toi ymmärrystä kuinka kohde toimii ja täten on mahdollinen vikaantumaan. RCM:n ja vikahistorian perusteella luotiin suunnitelma, joka toimi pohjana toiminnalliselle tasolle sekä käyttäjäkeskeiselle kunnossapitosuunnitelmalle. Käyttäjäkeskeisessä kunnossapitosuunnitelmassa vastuu koneen kunnosta siirtyy kunnossapidolta koneen käyttäjälle.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena saatiin kunnossapitosuunnitelma käyttäjille sekä myös kunnossapidolle. Kunnossapitosuunnitelmien mukaiset toimenpiteet huomioivat vikahistorian sekä RCM:n, jolloin ne ovat kattavat. Suunnitelmat sisälsivät tarkastuksia, kunnonvalvontaa sekä vian etsimistä. Suunnitelmia oikeina ja ajallaan käytettynä vältetään useimmat aiemmin esiintyneet viat. Toinen merkittävä tulos oli vikahistorian keräyksen aloittaminen.</p> <p>Opinnäytetyössä saavutettiin sille asetetut tavoitteet. Jatkossa olisi mahdollista laajentaa käyttäjäkeskeinen kunnossapitosuunnitelma sekä vikahistorian keräys myös muille Teknikum Suzhoun koneille.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Kunnossapito, käyttäjäkunnossapito, RCM, TPM, ODR		
Muut tiedot		



Author(s) MÄKINEN, Matti	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 22.11.2012
	Pages 74	Language Finnish
	Confidential ()	Permission for web publication (X)
Title CREATING THE OPERATOR DRIVEN RELIABILITY PLAN		
Degree Programme Paper Machine Technology		
Tutor(s) MARJAKOSKI, Mikko, Project Engineer		
Assigned by Teknikum Suzhou KILPINEN, Cary, General Manager PELTONEN, Mika, Operational Manager		
<p>Abstract</p> <p>The Bachelor's Thesis project was carried out for Teknikum Suzhou in China and the aim of this Thesis work was to create an operator driven reliability plan for a shot blasting machine which is located in Teknikum Suzhou's plant. To reach the target it was important to develop a failure history collection system for the shot blasting machine, to find out about the functions and failures and after that define the functional level, which the operator driven reliability plan would aim at.</p> <p>At the beginning of the Bachelor's Thesis it was necessary to understand, how the shot blasting machine works and fails. Collecting the failure history gave information about the failure objects and their failure times. The RCM method was a tool to simulate how an object works and has potential to fail. On the basis of RCM and the failure history it was possible to make a plan, which serves as the base of the functional level and operator driven reliability. In the operator driven reliability plan the responsibility of the machine's condition is moving from the maintenance crew to the operator crew.</p> <p>The result of the Bachelor's Thesis was a maintenance plan for the operators and also for the maintenance crew. The maintenance plan notices the results of RCM and the failure history. Actions of the plan include checks, condition monitoring and failure finding. Actions of the maintenance plan will decrease most of the previous failures, if the actions have been made in the right way and time. Collecting the failure history was another notable result.</p> <p>The Bachelor's Thesis reached the targets. In the future it would be possible to apply the operator driven reliability plan and failure history collection system to other machines in Teknikum Suzhou</p>		
Keywords Maintenance, operator driven reliability, RCM, TPM, ODR		
Miscellaneous		

SISÄLTÖ

SISÄLTÖ	1
KUVIOT	3
TAULUKOT	3
LYHENTEITÄ	4
1 JOHDANTO	5
2 TEKNIKUM	6
2.1 TEKNIKUM-KONSERNI	6
2.2 TEKNIKUM KIINASSA	7
3 KUNNOSSAPITO	8
3.1 KUNNOSSAPIDON TAVOITTEET	8
3.2 KÄYTTÖVARMUUS	9
3.3 KUNNOSSAPITOLAJIT	11
4 VIKAHISTORIA	13
4.1 VIKAHISTORIAN KERÄÄMISEN TAVOITTEET	13
4.2 ONGELMAT VIKAHISTORIAN KERÄÄMISESSÄ	14
4.3 VIKAHISTORIAN MITTAROINTI	15
4.4 VIKAANTUMINEN	16
5 RCM-LUOTETTAVUUSKESKEINEN KUNNOSSAPITO	18
5.1 HISTORIA JA PÄÄMÄÄRÄT	18
5.2 TOIMINNAN JA VIKAANTUMISEN MALLINNUS	18
5.3 TOIMENPITEIDEN VALINTA	21
5.4 VIRTAVIIVAISTETTU RCM	23
6 TPM-KOKONAISVALTAINEN TUOTTAVA KUNNOSSAPITO	24
6.1 TPM YLEISESTI	24
6.2 TPM:N PÄÄMÄÄRÄT	25
6.3 5S-MENETELMÄ	25
7 ODR-KÄYTTÄJÄKESKEINEN KUNNOSSAPITO	26
7.1 ODR YLEISESTI	26
7.2 KÄYTTÖÖNOTTO	28

7.3	MITTAAMINEN.....	29
8	LÄHTÖTILANNE OPINNÄYTETYÖTÄ ALOITETTAESSA	29
8.1	TUTKIMUSTEHTÄVÄ JA SEN RAJAUS.....	29
8.2	TUTKIMUSTAVAT JA TIEDONHANKINTA	30
8.3	KULTTUURIEROT	31
8.4	TOIMINTASUUNNITELMA.....	32
8.5	KYSELY HIEKKAPUHALTIMEN OPERAATTOREILLE JA KUNNOSSAPIDOLLE	34
8.6	VIKAHISTORIAN KERAÄMISEN ALOITUS JA ANALYSOINTI.....	34
9	KEVENNETTY RCM–ANALYYSI HIEKKAPUHALTIMELLE.....	36
9.1	TOIMINNOT	36
9.2	TOIMINNALLISET VIAT	40
9.3	VIKAMUODOT	41
9.4	VIAN VAIKUTUKSET JA SEURAUKSET	42
10	TOIMENPITEIDEN VALINTA SEKÄ TOIMINNALLISEN TASON LUOMINEN	45
10.1	ENNAKOIVAN KUNNOSSAPIDON JAKO.....	46
10.2	VAIHTOEHTOISET TOIMENPITEET	47
10.3	MUUT TOIMENPITEET	48
10.4	TOIMINNALLISEN TASON LUONTI	51
11	KÄYTTÄJÄKESKEINEN KUNNOSSAPITOSUUNNITELMAN IDEOINTI	52
11.1	TOIMENPITEIDEN TARKOITUS.....	52
11.2	TOIMENPITEIDEN RAJAUS KUNNOSSAPIDON JA OPERAATTOREIDEN KESKEN	53
11.3	TYÖTURVALLISUUS	54
12	TULOKSET JA NIIDEN ARVIOINTI	55
12.1	KYSELYN TULOKSET.....	55
12.2	VIKAHISTORIA	55
12.3	RCM–RUNKO	57
12.4	TOIMENPITEET	58
12.5	TOIMINNALLINEN TASO	59
12.6	KÄYTTÄJÄKESKEINEN KUNNOSSAPITOSUUNNITELMA.....	59
13	POHDINTA	62
13.1	TOTEUTUKSEN JA TULOSTEN TARKASTELU	62
13.2	OPINNÄYTETYÖN ARVIOINTI	65
13.3	JATKOEHDOTUKSET OPINNÄYTETYÖN POHJALTA.....	67
	LÄHTEET.....	68

LIITTEET	70
LIITE 1. HIONTA-AINEEN KIERTOKULKU	70
LIITE 2. VIAN VAIKUTUKSET JA SEURAUKSET	71
LIITE 3. KERTYNEET VIAT LUKUMÄÄRINEEN	72
LIITE 4. KÄYTETTÄVYYDEN KEHITYS	73
LIITE 5. OTOS VARSINAISESTA SUUNNITELMASTA OPERAATTOREILLE	74

KUVIOT

KUVIO 1. Flexipad-laakerityyny	7
KUVIO 2. Kunnossapidon kasvuodotukset	9
KUVIO 3. Käyttövarmuuden osatekijät	10
KUVIO 4. PSK 7501 -standardin mukaiset kunnossapitolajit	12
KUVIO 5. Vikaantuminen havainnoijista riippuen	15
KUVIO 6. Mittaroinnin eri vaiheet	16
KUVIO 7. Perinteinen vikaantumismalli.	16
KUVIO 8. Vikaantumismallit	17
KUVIO 9. Vikamuotoja ja niiden vaikutus elinikään	20
KUVIO 10. PF-käyrä	22
KUVIO 11. Viankorjauksen eri toimenpiteet	23
KUVIO 12. Toimintametodit tutkimusongelman ratkaisemiseksi	32
KUVIO 13. Longcheng Q370 -hiekkapuhallin	37
KUVIO 14. Hiekkapuhaltimen osaprosessit	39
KUVIO 15. Pudotuskohdan vaikutus hot spotiin	48
KUVIO 16. Lian hallinta	50
KUVIO 17. Keinot parempaan toiminnalliseen tasoon	52

TAULUKOT

TAULUKKO 1. 5S:n vaiheet	26
TAULUKKO 2. ODR:n tavoitteet eri ammattiryhmille	28
TAULUKKO 3. Hiekkapuhaltimen valitut toiminnot	40
TAULUKKO 4. Hiekkapuhaltimen toiminnalliset viat	41
TAULUKKO 5. RCM:n mukaiset tarkastustoimenpiteet	46
TAULUKKO 6. RCM:n mukaiset kunnonvalvontatoimenpiteet	47
TAULUKKO 7. RTF-toimenpiteet	47
TAULUKKO 8. Toimenpiteet operaattoreille	54
TAULUKKO 9. Toimenpiteet kunnossapidolle	54

LYHENTEITÄ

A	Availability, käytettävyys
CD	Condition directed, kuntoon perustuvat toimenpiteet
FF	Failure finding, vianetsintätoimenpiteet
IM	Improvement maintenance, parantava kunnossapito
K	Käytettävyys
KUPI	Kunnossapito
KNL	Tuotannon kokonaistehokkuus
L	Laatu
MTBF	Mean time between failure, keskimääräinen vikaantumisväli
MTTF	Mean time to failure, keskimääräinen vikaantumisaika
MTTR	Mean time to repair, keskimääräinen korjausaika
MWT	Mean waiting time, keskimääräinen odotusaika (yleensä logistinen)
N	Toiminta-aste
ODR	Operator driven reliability, käyttäjäkeskeinen kunnossapito
OEE	Overall Equipment Effectiveness, kokonaistehokkuus
RCM	Reliability Centered Maintenance, luotettavuuskeskeinen kunnossapito
RD	Re-design, uudelleen suunnittelu
RTF	Run to failure, ajetaan vikaan
TD	Time directed, aikaan perustuvat toimenpiteet
TPM	Total Productive Maintenance, kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito

1 JOHDANTO

Länsimaiset yritykset ovat yhä enemmän joutuneet tilanteeseen, jossa työvoimakustannukset ja niiden myötä kokonaiskustannukset ovat nousseet kannattavan taloudellisen toiminnan kannalta liian raskaiksi. Yrityksille on jäänyt vaihtoehtoiksi, joko hypätä pois leikistä, siirtää toimintoja kustannustehokkaampaan toimintaympäristöön, luoda jotain innovatiivista tai tehostaa omaa toimintorakennettaan. Tiedotusvälineistä voi usein lukea suomalaisen yrityksen lopettavan paikallisen tehtaansa ja siirtävän sen toiminnan esimerkiksi Kiinaan. Yleensä uutisoinnissa korostetaan vain kustannustehokkuuden parantamista, mutta samalla unohdetaan yksi tärkeä pääsyy siirtoon, markkinat. Tuo 1,3 miljardin ihmisen ”nukkuva lohikäärme” on herännyt ja kasvanut, siellä on markkinat. Tässä opinnäytetyössä lähdettiin sinne missä markkinat ovat, Kiinaan.

Opinnäytetyön aiheena oli käyttäjäkeskeisen kunnossapitosuunnitelman luominen Teknikum Suzhouille, Kiinaan. Kunnossapitosuunnitelman tavoitteena oli, että koneen operaattorit suorittaisivat erinäisiä puhdistuksia, tarkastuksia, pieniä vikakorjauksia ja raportointia, joiden avulla koneen käytettävyyttä pidettäisiin halutulla tasolla. Toinen tärkeä tavoite oli henkilökohtaisesti oppia ymmärtämään ja soveltamaan aiemmin opittua tietoa uuteen toimintaympäristöön ja työkuultuuriin.

Opinnäytetyöni varsinainen tutkimustehtävä oli käyttäjäkeskeisen kunnossapitosuunnitelman luonti. Varsinaiset tutkimusongelmat liittyivät keinoihin, joiden avulla päästiin varsinaiseen tutkimustehtävään. Tällaisia tutkimusongelmia olivat toiminnan mittaaminen, kohteen toiminnan ja vikaantumisten tutkiminen, mahdollisten kunnossapidollisten toimenpiteiden määrittäminen sekä toiminnallisen tason luonti. Näiden ongelmien ymmärtäminen ja ratkaiseminen loivat tietopohjan, jonka pohjalta käyttäjäkeskeinen kunnossapitosuunnitelma oli hyvä rakentaa. Käyttäjäkeskeisen kunnossapitosuunnitelman käyttöönotto ja seuraaminen eivät kuuluneet opinnäytetyön aihealueeseen.

Aihe-ehdotus opinnäytetyölle tuli Teknikum Suzhouelta. Aihe tuli ajankohtaiseksi, koska oli tarve luoda englannin- ja kiinankielinen käyttäjäkeskeinen kunnossapitosuunnitel-

ma. Kuten useissa muissakin Kiinassa toimivissa tehtaissa, niin myös Teknikum Suzhoulla koneiden kunnossapito on ollut pääosiin korjaavaa kunnossapitoa. Koneille ei ole tehty suuremmin ennakkohuoltoja, vaan ne on korjattu vasta rikkouduttua, josta on aiheutunut tuotannonmenetyksiä.

Opinnäytetyön tekeminen aloitettiin toukokuussa 2012. Työn ohjaajana Jyväskylän Ammattikorkeakoulun puolelta toimi projekti-insinööri Mikko Marjakoski. Teknikum Suzhoun puolelta työtä ohjasi toimitusjohtaja Cary Kilpinen sekä operatiivinen päällikkö Mika Peltonen.

2 TEKNIKUM

2.1 Teknikum-konserni

Teknikum on johtava Pohjoismainen polymeeriteknologia-alan konserni. Yhtiö on perustettu vuonna 1989. Teknikum-konserniin kuuluvat Teknikum Oy Vammalan tehdas, Teknikum Oy Kiikan tehdas ja Teknikum Sekoitukset Oy Keravalla. Lisäksi Teknikumilla on tuotantoyhtiöt Venäjällä ja Kiinassa sekä myyntiyhtiö Saksassa. Vuonna 2011 henkilöstömäärä oli noin 430 ja liikevaihto noin 51 miljoonaa euroa. (Teknikum 2011, 2–4.)

Teknikumin tuotevalikoimaan kuuluvat mm. teollisuusletkut, muottituotteet kumista ja muovista, kumipinnoitteet ja -päällysteet, polyuretaani- ja nestesilikonituotteet sekä kumisekoituslevyt ja matot. Teknikumin osaamisalueet ovat kulutuksen ja korroosion suojaukseen liittyvät tuote- ja palveluratkaisut, nesteiden ja muiden materiaalien siirtoon suunnitellut teollisuusletkut ja letkuasennelmat sekä asiakaskohtaisesti suunnitellut ja valmistetut polymeerituotteet. Teknikumin tärkeimpiä asiakkaita ovat mm. Outotec, Etola, MacGregor sekä Metso. (Teknikum 2011, 4–18.)

2.2 Teknikum Kiinassa

Teknikum perusti uuden tytäryhtiön, Teknikum Suzhou Technology Co. Ltd:n, vuoden 2008 lopulla Suzhouhun Kiinaan. Suzhou sijaitsee Itä-Kiinassa Jiangsun provinssissa noin 50 km:n päässä Shanghaista. Tällä hetkelle Teknikum Suzhoulla työskentelee noin 50 työntekijää. (Teknikum 2011, 4–18.)

Syy tytäryhtiön perustamiseen oli muutaman suuren asiakkaan toiminnan siirtyminen idän kehittyville markkinoille, eritoten Kiinaan. Mikäli Teknikum ei olisi laajentanut toimintaansa Kiinaan, olisi vaarana ollut asiakkaiden siirtyminen paikallisille toimittajille. Teknikum Suzhoulla valmistettavat tuotteet on tehty pääosin kumista ja asiakkaina on teollisuuden ja logistiikan globaaleja toimijoita.

Tärkein valmistettava tuote on Cargotecin Flexipad-tuotemerkillä myytävät laakerityynyt rahtilaivoihin. Kuviossa 1 on valmis Flexipad-laakerityyny. Tällä hetkellä Teknikum Suzhou valmistaa useita erikokoista Flexipad-tuotetta. Valmis Flexipad toimii laakerina rahtilaivan lastiluukun ja laivan kannen välillä, koska niiden välillä on liikettä merenkäynnin aiheuttaman laivan rungon kiertymän vuoksi. Rahtilaivan koon mukaan, Flexipadeja menee 400–1000 kappaletta per laiva. Flexipadit koostuvat metallilevyistä, kumista ja niitä sitovasta tartunnasta.



KUVIO 1. Flexipad-laakerityyny (Cargotec)

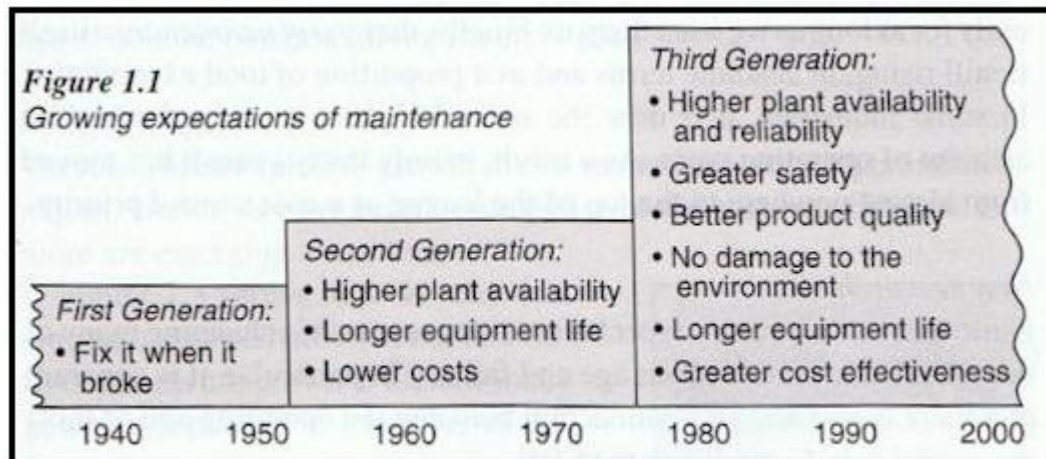
Valmistusprosessin aluksi metallilevyille suoritetaan rasvanpoisto, minkä jälkeen ne menevät hiekkapuhallukseen. Hiekkapuhalluksessa pinnasta tehdään karhea ja puhdas, jotta tartunta tarttuu paremmin kiinni ja tarttumapinta-ala kasvaa. Puhtausluokka puhalletulle levyille on A Sa 2½ ISO 8501-1. Puhalluksen jälkeen levyn pintaan

ruiskutetaan ensiksi primer-kerros ja tämän jälkeen tartunta, joka vulkanoituu paitovaiheessa kumiin. Ruiskutuksen jälkeen levy on valmis kokoonpanoon. Flexipadissa käytettävä kumi leikataan oikeankokoisiksi levyiksi, minkä jälkeen se on valmis kokoonpanoon. Kokoonpanossa metalli- ja kumilevyt asetetaan päällekkäin kerroksittain halutun rakenteen saamiseksi. Tämän jälkeen keskeneräinen tuote asetetaan prssiin, jossa se puristetaan ja paistetaan valmiiksi tuotteeksi.

3 KUNNOSSAPITO

3.1 Kunnossapidon tavoitteet

Nykyaikainen koneopillinen kunnossapito alkoi vuonna 1769, kun skotlantilainen James Watt (1736–1819) keksi höyrymoottorin.(Dhillon 2006, 2.) Kunnossapito on kehittynyt paljon sen alkuajoista, ja ” kunnossapidon pioneeri” John Moubray onkin jaotellut kunnossapidon kehityksen kolmeen eri sukupolveen (ks. kuvio 2). Ensimmäisen sukupolven aikana kunnossapito oli kaikista yksinkertaisinta ja se toimi vain silloin, kun jotain rikkoutui. Toisen sukupolven aikana alettiin kiinnostua kohteiden pidemmästä toiminta-ajasta ja pienemmistä kustannuksista, jolloin syntyi myös käsite ennakoiva kunnossapito. Kolmannen sukupolven aikana haluttiin parantaa käytettävyyttä sekä uusina asioina miettiä turvallisuutta ja ympäristöä. (Moubray 1997, 2–4.) Nykyaikainen kunnossapito on muuttunut yhä enemmän vikojen ennustamiseksi, millä pyritään välttämään kohteen vikaantuminen ja sen myötä tuotannon pysähtyminen.



KUVIO 2. Kunnossapidon kasvuodotukset (Moubray 1997,3)

PSK 6201 -standardi (2011,2) määrittelee kunnossapidon seuraavasti:

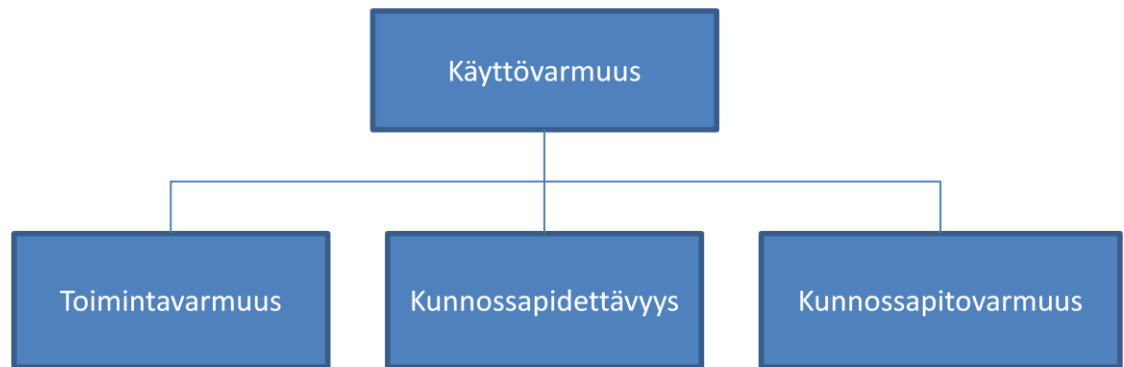
Kunnossapito on kaikkien niiden teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus, joiden tarkoituksena on säilyttää kohde tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon sen koko elinjakson aikana.

Kunnossapidon keskeisiä tavoitteita yrityksille ovat tuotannon kokonaistehokkuuden (KNL) sekä käyttövarmuuden nostaminen. Muita merkittäviä tavoitteita ovat turvallisuuden, ympäristön sekä kustannustehokkuuden huomioiminen. (PSK 6201, 2011,4.)

3.2 Käyttövarmuus

Käyttövarmuus on kyky toimia vaadittaessa vaaditulla tavalla. Käyttövarmuuteen vaikuttaa kolme eri osatekijää, jotka kuvio 3 ilmaisee. PSK 6201 -standardi (2011, 7) määrittää käyttövarmuuden seuraavasti:

”Käyttövarmuus on kohteen kyky olla tilassa, jossa se kykenee suorittamaan vaaditun toiminnon tietyissä olosuhteissa olettaen, että vaadittavat ulkoiset resurssit ovat saatavilla. ”



KUVIO 3. Käyttövarmuuden osatekijät

Toimintavarmuus tarkoittaa kohteen kykyä suorittaa vaadittu toiminto määrättyissä olosuhteissa vaaditun ajanjakson. Toimintavarmuuteen vaikuttavia tekijöitä on useita, joista tärkeimmät ovat laitteen oikeaoppinen suunnittelu käyttöympäristöön, mahdollisimman yksinkertainen rakenne, komponenttien luotettavuus, oikeaoppinen ennakkohuolto-ohjelma sekä laitteen oikeaoppinen käyttö. (Mäki 2000, 11.)

Toimintavarmuuden mittari eli tunnusluku on yleensä keskimääräinen vikaantumisväli MTBF (Mean Time Between Failure) ja se lasketaan seuraavasti:

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Kokonaisaika}}{\text{Häiriöiden lukumäärä}} [\text{h}]$$

Kunnossapidettävyydellä tarkoitetaan kohteen kykyä olla tilassa tai palautettavissa tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon määritellyissä käyttöolosuhteissa, kun kunnossapito suoritetaan määritellyissä olosuhteissa käyttäen vaadittuja menetelmiä ja resursseja. Kunnossapidettävyyteen vaikuttavia tekijöitä ovat

- laitteen luoksepäästävyys
- laitteen huoltotoimenpiteiden yksinkertaisuus
- laitteen osien vaihtokelpoisuus
- ennakoivan kunnossapidon tarpeen vähyys

(Mäki 2000, 12.)

Kunnossapidettävyyden mittari on keskimääräinen korjausaika MTTR (Mean Time To Repair) ja se lasketaan seuraavasti:

$$MTTR = \frac{\text{Korjausaikojen summa}}{\text{Häiriöiden lukumäärä}} [\text{h}]$$

Kunnossapitovarmuus kuvaa kunnossapito-organisaation kykyä organisoida kunnossapitotehtävän edellyttämät kunnossapitovälineet, -tarvikkeet ja -henkilöt laitteen kunnossapitoa varten. Tärkeimpiä tekijöitä kunnossapitovarmuuteen ovat

- varaosien saatavuus ja riittävyys
- työkalujen asianmukaisuus
- kunnossapito-organisaation riittävä asiantuntemus ja koulutus
- laitteisiin liittyvien dokumenttien luotettavuus ja ajanmukaisuus.

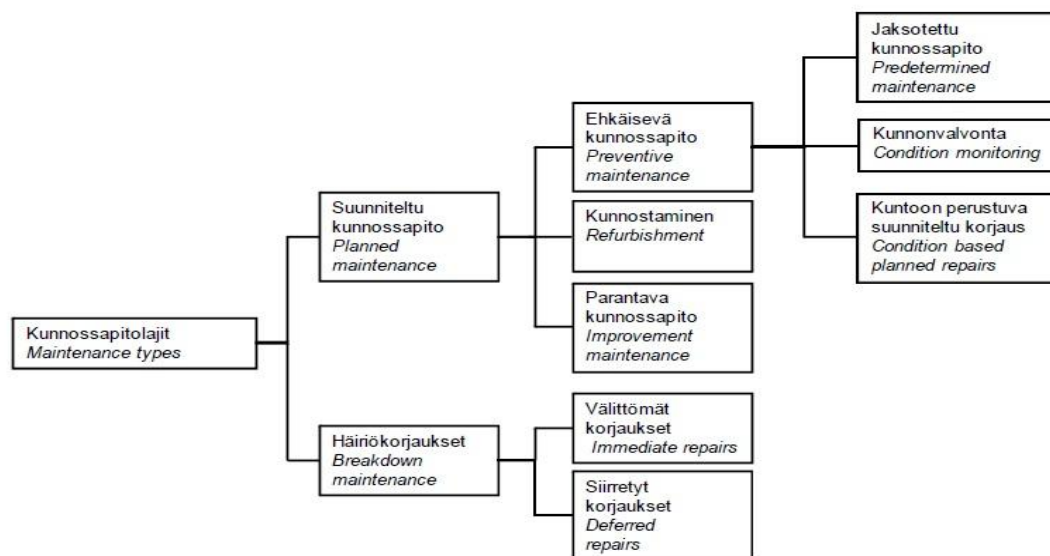
(Mäki 2000, 12.)

Korjauksen odotusaika MWT (Mean Waiting Time) toimii mittarina kunnossapitovarmuudelle ja se lasketaan seuraavasti:

$$MWT = \frac{\text{Odotusaikojen summa}}{\text{Häiriöiden lukumäärä}} [\text{h}]$$

3.3 Kunnossapitolajit

Kunnossapitolajeja voidaan eritellä lähteestä riippuen sen mukaan tehdäänkö kunnossapitoa ennen kohteen vikaantumista vai sen jälkeen. Standardi PSK 7501 (2010,32) jaottelee kunnossapitolajeja kuviossa 4 sen mukaan, ovatko ne suunniteltuja vai korjaavia.



KUVIO 4. PSK 7501 -standardin mukaiset kunnossapitolajit (PSK 7501, 2010,32)

Korjaava kunnossapito

Korjaava kunnossapito on toimintaa, joka tehdään vasta, kun kohteena oleva laite on vikaantunut. Vikaantuminen voi tarkoittaa joko kohteen totaalista pysähtymistä tai sitä, ettei se toimi vaadittujen toimintarajojen puitteissa. (Mäki 2000, 51.)

Korjaava kunnossapito jaotellaan sen mukaan tehdäänkö se välittömästi vai voidaan-ko sitä siirtää. Välittömästi tehtäessä vika tulee korjata heti havaitsemisen jälkeen, jotta vältetään kohtuuttomilta seurauksilta. Siirretyssä korjaavassa kunnossapidossa vian korjauksen ajankohta siirretään erikseen annettujen ohjeiden mukaisesti. (SFS-EN 13306, 2010, 22.)

Huolto

Huollon tarkoituksena on pitää yllä heikentynyt toimintakyky ennen kuin se aiheuttaa vian ja siitä seuranneen vaurion. Huollon ja ehkäisevän kunnossapidon tehtävät ovat osittain päällekkäisiä. Jaksotettua huoltoa tehdään yleensä määrävälein, tällöin huoltovälit määräytyvät käyttöajan ja käytön rasittavuuden mukaan. Toimintaedellytysten vaaliminen, puhdistus, voitelu, huoltaminen, kalibrointi, kuluvien osien vaihtaminen sekä toimintakyvyn palauttaminen ovat toimia, jotka kuuluvat jaksotettuun huoltoon. (Järviö, Piispa, Parantainen & Åström 2011, 50.)

Ehkäisevä kunnossapito

Anthony Smith sekä Glenn Hinchcliffe kuvailevat ehkäisevää kunnossapitoa toiminnaksi, jossa toimenpide (tarkastukset ja huollot) on ennalta suunniteltu toteutettavaksi halutussa ajankohdassa ja jonka tarkoituksena on säilyttää laitteiden tai järjestelmien toiminnallinen suorituskyky (Smith & Hinchcliffe 2003, 20). Ehkäisevää kunnossapitoa tehdään aikataulutetusti tai vaihtoehtoisesti silloin, kun tarve vaatii. Ehkäisevään kunnossapitoon sisältyvät mm. tarkastaminen, kunnonvalvonta, määräysten mukaisuuden toteaminen, testaaminen, käynninvalvonta sekä vikaantumistietojen analysoiminen. (Järviö ym. 2011, 50.)

Parantava kunnossapito

Standardi PSK 7501 (2010, 5) esittää parantavan kunnossapidon koostuvan toimenpiteistä, joilla muutetaan laitteen rakennetta toimintavarmuuden ja kunnossapidettävyyden parantamiseksi. Parantava kunnossapito voidaan jakaa kolmen pääryhmään:

- Kohdetta muutetaan käyttämällä uudempia osia kuin alkuperäiset. Osien uusiminen ei kuitenkaan vaikuta kohteen suorituskykyyn, joka pysyy ennallaan.
- Uudelleen suunnittelulla ja korjauksilla parannetaan koneen epäluotettavuutta. Tarkoituksena on tehdä koneesta luotettavampi ilman varsinaista suorituskyvyn muutosta.
- Modernisaatiossa kohteen suorituskykyä parannetaan. On yleistä, että modernisaation yhteydessä täytyy uudistaa myös muita prosesseja, jotta modernisoinnista voitaisiin saada paras hyöty.

(Järviö ym. 2011, 51.)

4 VIKAHISTORIA

4.1 Vikahistorian keräämisen tavoitteet

Vikahistoria koostuu kohteen tapahtumatiedoista, jotka liittyvät vikaantumisiin. Laaja-alainen ja järjestelmällinen tapahtumatietojen keräys luo mahdollisuuden tutkia

kohteen vikaantumisia, joista voi päätellä pahimmat ongelmakohdat. Laadukas vika-historia antaa hyvän tietopohjan kehittää kunnossapitoa ja voi toimia perusteena mahdollisille investoinneille. (Konola & Mäki 2000, 3–4.)

Historiatietoja voidaan kerätä kahdella menetelmällä, joko manuaalisesti tai automa-tisoidusti. Manuaalisesti kerättäessä ihminen kirjaa vikatiedot, kun automaattisessa tiedonkeruussa tiedot kirjautuvat automaattisesti käytettävään tietokantaan. Vika-tietojen keräämisen peruslähtökohtana tulisi olla, että se on osa käyttö- tai kunnos-sapitotoimenpidettä. Näin ei aina ole, vaan sitä pidetään usein ”ylimääräisenä” toi-menpiteenä. (Mäki 2000, 31.)

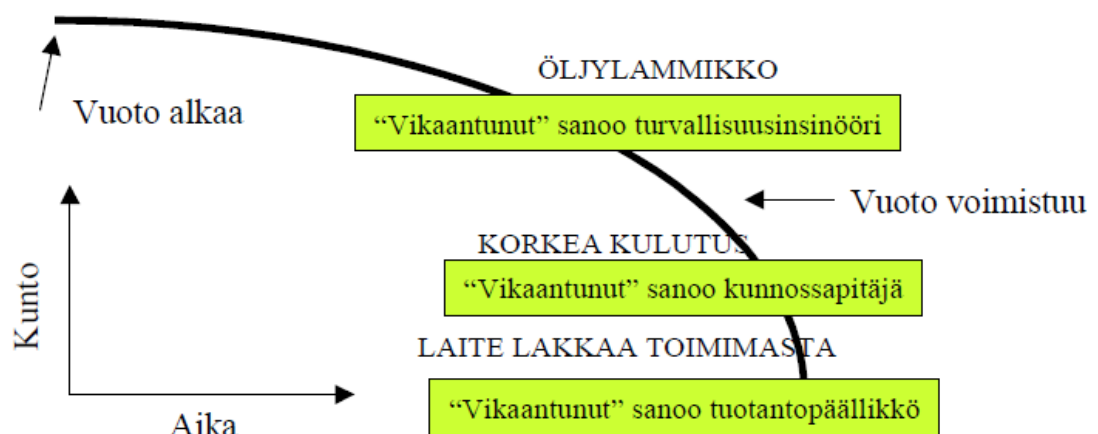
Vikaantumisen tapahduttua käyttöhenkilöstön tai kunnossapidon tulisi kirjata tapah-tuma mahdollisen tarkasti ja reaaliaikaisesti yrityksessä käytettävään kunnossapito-järjestelmään. Kirjattavia asioita ovat mm.

- vikaantunut kohde (positionumero, jos on käytössä)
- kuvaus viasta (mahdollisemman tarkasti)
- vikaantumisen kesto (korjauksen alkaminen ja päättyminen)
- vian havainnointitapa
- vian havaitsemisaika
- vian vaikutukset
- toimintaympäristön olosuhteet
- tehdyt toimenpiteet. (Konola & Mäki 2000, 3–4.)

4.2 Ongelmat vikahistorian keräämisessä

Vikahistorian keräys on ideana helppo ja yksinkertainen toteuttaa, mutta käytännös-sä kaikkea muuta. Mäki (2000, 29.) toteaa, että käyttövarmuusalan konsulteilla on käsitys, missä vikahistoriatietoja ei tulla saamaan milloinkaan tuotantolaitoksissa määrällisesti riittävästi talteen, mikäli tiedon kirjaaminen ja kerääminen on ihmis-voimin tehtävää toimintaa. Kirjausten niukka lukumäärä ei ole aina välttämättä suu-rin ongelma, vaan pääongelma muodostuu usein kirjausten laadusta:

- Kirjaajilla on heikko motivaatio.
- Tietojensyöttö on monimutkaista.
- Vikaantumisen määrittely on yksilöllistä (katso kuvio 5).
- Kirjaukset ovat vajavaisia tai muulla tavoilla liian heikkolaatuisia.
- Kirjauksia ei kohdisteta oikein. (Marjakoski 2011a, 4.)



KUVIO 5. Vikaantuminen havainnoijista riippuen (Mäki 2000, 29.)

4.3 Vikahistorian mittarointi

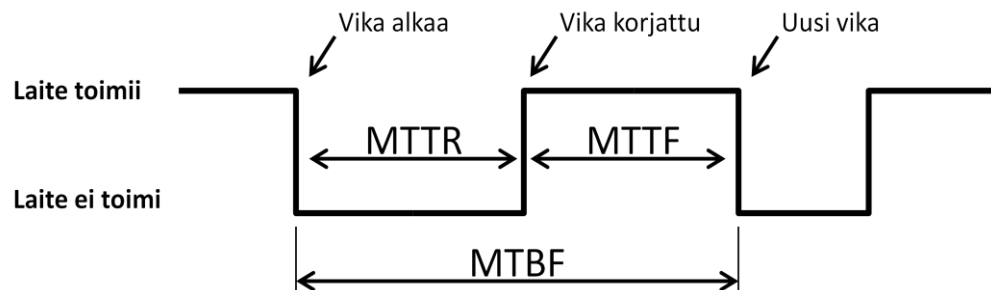
Kertynyttä vikahistoriaa voi mittaroida monella eri tavalla, ja siitä on mahdollista muodostaa tunnuslukuja. Kertyneitä tunnuslukuja tulisi verrata johonkin, jotta tiedetään, onko tulos parantunut vai heikentynyt. Hyviä mittareita vikahistorian analysointiin ovat keskimääräinen vikaantumisaika (MTTF), keskimääräinen korjausaika (MTTR) sekä Käytettävyys A (availability). Käytettävyys toimii mittarina käyttövarmuudelle. PSK 7501 -standardi (2010, 7.) määrittää käytettävyyden laskukaavaksi:

$$A = \frac{\text{Käyntiaika}}{\text{Käyntiaika} + \text{Seisokkiaika}}$$

Tai vaihtoehtoisesti:

$$A = \frac{\text{MTTF}}{\text{MTTF} + \text{MTTR}}$$

MTTR:n ja MTBF:n laskukaavat on esitetty luvussa 3.2. MTTF on muilta osin vastavertainen mittari kuin MTBF, mutta se ei sisällä MTTR:ää. Kuviossa 6 on esitetty ajatusmalli, kuinka ja missä vaiheessa eri mittareita tulee käyttää.



KUVIO 6. Mittaroinnin eri vaiheet (Marjakoski 2012, 12)

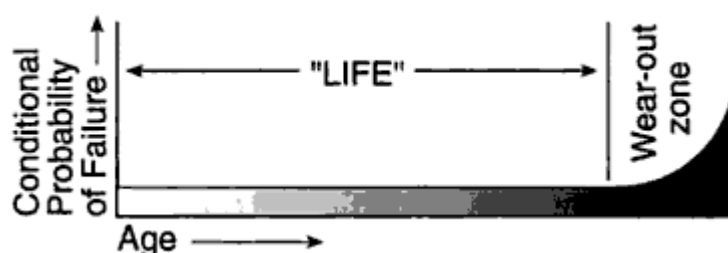
4.4 Vikaantuminen

PSK 6201-standardi (2011, 15.) määrittää vikaantumisen seuraavasti:

Vika on tila, jossa kohde ei kykene suorittamaan vaadittua toimintoa täydellisesti pois lukien ehkäisevän kunnossapidon, jonkin muun suunnitellun toimenpiteen tai ulkoisten resurssien puutteesta johtuvan toimintakyvyttömyyden takia.

Mikäli laitteen suunnittelu, materiaalivalinnat, käytötavat sekä ympäristöolosuhteet ovat kunnossa, vikaantumista ei tapahdu. Vikaantuminen ei koskaan tapahdu itsestään, vaan aina sille löytyy syy. On yleistä, että vikaantuminen on pitkän ketjun viimeinen lenkki. (Järviö ym. 2011, 53.)

Kuvio 7 esittää perinteistä vikaantumismallia, jossa pystyakseli kuvaa vian todennäköisyyttä ja vaakakseli aikaa. Mallissa vikaantumistodennäköisyys on stabiili pitkän aikaa ennen lopun jyrkkää nousua, josta seuraa kohteen vikaantuminen.



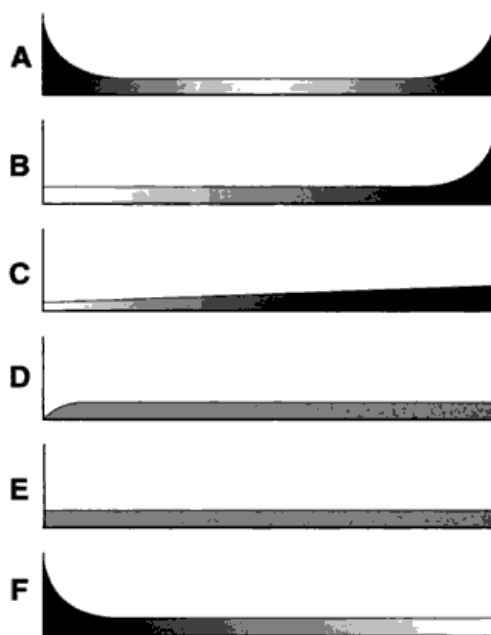
KUVIO 7. Perinteinen vikaantumismalli. (Moubray, 1997, 12.)

Amerikkalaiset Nolan ja Heap tutkivat lentokoneiden huolto- ja tarkastusohjelmia 1960-luvulla. Vikaantumistutkimus osoitti, että on olemassa kuusi poikkeavaa vikaantumismallia, josta puolet pohjautuu aikaan ja loput ovat satunnaisia (Järviö ym. 2011, 57.) Kuviossa 8 on kuvattu nämä kuusi erilaista vikaantumismallia. Aikaan pohjautuvia vikaantumismalleja on kolme:

- **A-malli**, jota kutsutaan ”kylpyamme-malliksi”. Malli koostuu alun korkeasta vikaantumistodennäköisyydestä, jota seuraa pitkä tasainen jakso ennen lopun voimakasta vikaantumistodennäköisyyden kasvua. Alun korkeaa vikaantumistodennäköisyyttä kutsutaan yleisesti ”lapsikuolleisuudeksi”.
- **B-malli** on muuten vastaava kuin A-malli ilman lapsikuolleisuutta.
- **C-mallissa** vikaantumistodennäköisyys on tasaisesti kasvavaa.

Satunnaisia vikaantumismalleja on myös kolme:

- **D-mallissa** vikaantumistodennäköisyys nousee alun jälkeen nopeasti tasolle, millä se säilyy.
- **E-mallissa** vikaantumistodennäköisyys on samantasoinen koko eliniän ajan.
- **F-mallissa** on aluksi korkea lapsikuolleisuus, josta se laskee tasolle, jolla se säilyy eliniän loppuun. (Moubray 1997, 12–13.)



KUVIO 8. Vikaantumismallit (Moubray 1997, 12)

5 RCM–LUOTETTAVUUSKESKEINEN KUNNOSSAPITO

5.1 Historia ja päämäärät

RCM (Reliability Centered Maintenance) luotettavuuskeskeisen kunnossapidon kehitys alkoi 1960, kun FAA (Federal Aviation Agency, Yhdysvaltain ilmailuvirasto) perusti työryhmän kehittämään lentokoneisiin soveltuvaa ennakoivaa kunnossapitoa. Sen aikainen ajatusmalli oli, että vikaantumiset ovat ajasta riippuvaisia ja myös huolto-ohjelma luotiin ajatusmallin pohjalle. Tällä ajatusmallilla ei saatu toivottuja tuloksia, joten asiaa alettiin tutkia tarkemmin. Tutkimuksissa huomattiin, että ennakoiva kunnossapito ei vaikuttanut monimutkaisten laitteiden luotettavuuteen. Toinen huomionarvoinen seikka oli, että lentokoneissa on paljon sellaisia osia, joille ei ole olemassa tehokasta tai toimivaa ennakoivan kunnossapidon ohjelmaa. (Järviö ym. 2011, 124–125.)

RCM-metodin tarkoitus on suunnitella kunnossapidettävän kohteen kunnossapito.

Moubray on listannut keskeisimmät päämäärät:

- Priorisoida prosessien laitteet ja täten kohdistaa kunnossapito sellaisiin laitteisiin, joissa sitä eniten tarvitaan. Priorisointikriteerejä ovat mm. turvallisuus, ympäristövaatimukset, laatu sekä kustannukset.
- Selvittää laitteiden vikaantumismekanismit
- Huomioida passiiviset laitteet, (raja ja turvalaitteet), jotka prosessin toimiessa ovat passiivisia.
- Laatia valmiit toimintaohjeet vikaantumisen sattuessa laitteille, joille ei löydy tehokasta ehkäiseviä kunnossapidon menetelmiä. (Mts. 125–126.)

5.2 Toiminnan ja vikaantumisen mallinnus

RCM käsitellään yleensä seitsemän peruskysymyksen avulla:

1. Mitkä ovat kohteen toiminnot ja minkä suorituskykytason käyttäjä siltä edellyttää nykyisissä toimintaolosuhteissa? (Toiminnot)

2. Millä tavoin kohde on estynyt suorittamaan tehtävänsä? (Toiminnalliset viat)
3. Mitkä syyt voivat johtaa kuhunkin toiminnalliseen vikaan? (Vikamuodot)
4. Mitä tapahtuu kunkin vian ilmettyä? (Vian vaikutukset)
5. Mitä kustakin viasta seuraa? (Vian seuraukset)
6. Mitä voidaan tehdä kunkin vian ennustamiseksi tai ennaltaehkäisemiseksi? (Ennakoiva kunnossapitotoimenpide)
7. Mitä pitäisi tehdä, jos soveltuvaa ennakoivaa tai toimenpidettä ei ole määriteltävissä? (Muu soveltuva toimenpide) (Moubray 1997, 7.)

Toiminnot

Toimintojen määrittäminen on ensimmäinen seitsemästä peruskysymyksestä. Siinä tulee miettiä kohteen toiminnot ja suorituskkykytaso, minkä käyttäjä kohteelta vaatii määritetyssä käyttöympäristössä. Toimintojen määrittämisessä tulee huomioida kohteen kapasiteettirajat, kuten esimerkiksi: ”Siirtää vettä tankista A tankkiin B 700–800 l/min”. Esimerkissä käyttäjä on asettanut kohteelle toiminnallisen rajan, jonka rajoissa toiminto on ”onnistunut”. (Marjakoski 2011b 14–15; Moubray 1997, 8.)

Toiminnalliset viat

Toiminnallinen vika syntyy, kun kohde ei pysty täyttämään käyttäjän vaatimaa hyväksyttyä suoritustasoa. Toiminnallinen vika voi olla totaalinen tai osittainen.

Esimerkkinä totaalinen toiminnallinen vika voi tarkoittaa ”Siirtää vettä tankista A tankkiin B 0 l/min”, kun osittainen vikaantuminen tarkoittaisi ”Siirtää vettä tankista A tankkiin B 680 l/min”. (Marjakoski 2011b, 17–18; Moubray 1997, 9.)

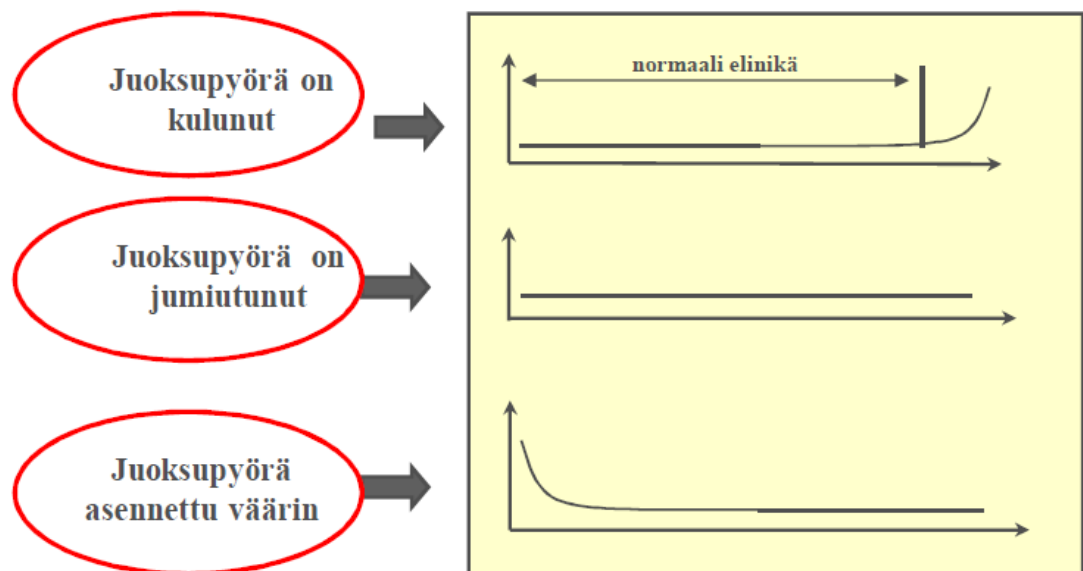
Vikamuodot

Vikamuotoja määrittäessä tulee miettiä kaikkia mahdollisia vikoja, jotka johtavat toiminnalliseen vikaan. Vikamuodot ovat jokapäiväisessä toiminnassa ja kunnossapidossa kaikista eniten esillä, koska vikaantumiset ja kunnossapitotoimenpiteet kohdistetaan juuri eri vikamuodoille. Vikamuotoja käsitellessä olisi tärkeää tunnistaa syyt,

jotka johtavat vikaantumiseen sen sijaan, että keskittyttäisiin vain vikaantumisen oireisiin.

Yleisesti vikamuodot liittyvät normaaliin kulumiseen, mutta myös käyttö- sekä kunnossapitohenkilöstön tekemät virheet tulee huomioida. Lisäksi suunnitteluvirheitä ei pidä pois sulkea. Kuviossa 9 on esitetty pumpun erilaisia vikamuotoja, syitä sekä vaikutusta elinikään.

- ”Juoksupyörä on kulunut” on normaalia kulumista, jossa juoksupyörä tulisi vaihtaa ennen sen eliniän täyttymistä.
- ”Juoksupyörä on jumiutunut” viittaa suunnitteluvirheeseen, koska vikaantuminen on samalla tasolla koko elinjakson ajan. Sihdin asentaminen imupuolelle kasvattaisi odotettua elinikää.
- ”Juoksupyörä asennettu väärin” kertoo asennusvirheestä, koska vikaantuminen on aluksi suurta. Oikean asennustekniikan koulutus asentajille muuttaisi eliniän odotusta ”normaaliksi”. (Marjakoski 2011b, 20–24; Moubray 1997, 9.)



KUVIO 9. Vikamuotoja ja niiden vaikutus elinikään (Marjakoski 2011, 21)

Vian vaikutukset

Vian vaikutuksissa tulisi miettiä, mitä tapahtuu vikamuodon tapahduttua. Erityisesti seuraavat asiat tulisi huomioida:

- Miten vika voidaan havaita.
- Aiheuttaako vika riskejä terveydelle tai ympäristölle.
- Miten vika vaikuttaa tuotantoon.
- Miten vika tulisi korjata, jotta kohde on taas käytettävissä. (Marjakoski 2011b, 26–28; Moubray 1997, 9–10.)

Vian seuraukset

Vian seurauksissa tulisi miettiä, miten ja kuinka paljon kohteen vikaantuminen merkitsee tuotannolle, ympäristölle ja ihmisille. RCM-menetelmä kategorisoi vian seuraukset neljään ryhmään, jotka toimivat pohjana kunnossapidon strategiselle päätöksenteolle. Seurauksia ovat:

- Piilevien vikojen seuraukset, jotka normaalisti liittyvät vara- tai suojalaitteiden toimintaan. Käyttöhenkilöstö ei tiedosta suojalaitteen toiminnallista vikaa normaalissa toiminnassa, kun vasta suojatun toiminnon vikaannuttua. Normaalin sekä suojatun toiminnon vikaantuessa syntyy yhteisvikaantuminen.
 - Turvallisuus ja ympäristöseuraukset. Vikaantumisella on turvallisuusseurauksia, jos se voi aiheuttaa vammautumisen tai kuoleman. Ympäristöseuraukset aiheuttavat päästöjä tai haittoja, jotka ylittävät toimintaympäristön säädöksissä määrätyt rajat.
 - Toiminnalliset seuraukset. Vikaantuminen vaikuttaa tuotantoon, joko määrällisesti, laadullisesti tai kustannusten nousuna.
 - Ei-toiminnalliset seuraukset eivät vaikuta turvallisuuteen tai tuotantoon.
- (Marjakoski 2011b, 30–39; Moubray 1997, 10–11.)

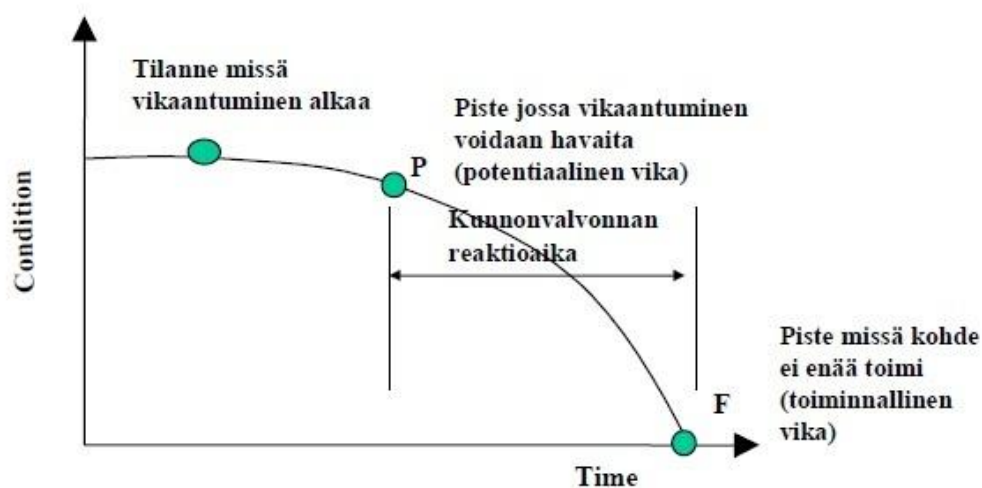
5.3 Toimenpiteiden valinta

Toimenpiteiden valinnassa täytyy ennen kaikkea miettiä onko se teknisesti ja taloudellisesti järkevä toteuttaa. Ennakoivaa kunnossapitotoimenpidettä ei ole järkevä toteuttaa, jos siitä aiheutuu enemmän kuluja kuin itse vikaantumisesta. Mikäli vikaantumisesta aiheutuu turvallisuus tai ympäristöseurauksia täytyy kunnossapitotoimenpiteitä miettiä näiden asioiden pohjalta.

RCM:n mukainen kunnossapitolajien erottelu poikkeaa aiemmin esitetystä (luku 3.3), koska niin PSK 7501 tai SFS-EN 13306:2001-standardit eivät huomioi kunnossapidon uudistamista. Tämän vuoksi vian salliminen (Run To Failure, RTF) sekä vian etsiminen (Failure Finding, FF) ovat vieraita käsitteitä standardeille. Toimenpiteiden valinta eritellään ennakoiviin ja vaihtoehtoihin toimenpiteisiin:

- **Ennakoivat toimenpiteet:**

- Aikaan perustuvat toimenpiteet (Time Directed, TD) jaetaan määrääkaiseen korjaukseen ja vaihtoon. Määräaikaisessa korjauksessa kohde kunnostetaan haluttuun toimintatasoon korjaamalla, kun määräaikaisessa vaihdossa kohteen yksittäinen laite tai laitteen komponentti vaihdetaan uuteen valitun käyttöjakson välein.
- Kuntoon perustuvat toimenpiteet (Condition Directed, CD) perustuvat siihen, että kehittyvät viat havaitaan tarpeeksi ajoissa, jotta niihin voidaan puuttua ennen kohteen täydellistä vikaantumista. Kuviossa 10 oleva PF-käyrä (Point to Failure) kuvaa kohteen vikaantumista suhteessa aikaan. Vikaantumisen alkaessa olisi vielä paljon aikaa reagoida vikaan, mutta vikaantumisen kasvaessa reagointiaika vähenee. PF-käyrä havainnoi kunnonvalvonnan ja tarkastusten tavoitteen löytää vika tarpeeksi ajoissa, jotta sille pystytään tekemään toimenpiteitä ennen kuin vika on jo liian pitkällä. (Marjakoski 2011b, 40–45; Moubray 1997, 13–14.)



KUVIO 10. PF-käyrä (Marjakoski, 2011, 52)

- **Vaihtoehtoiset toimenpiteet**

- Vian etsintätoimenpiteet (Failure Finding, FF). Tarkoituksena on tutkia piileviä toimintoja ja selvittää mahdolliset viat.
- Uudelleen suunnittelu (Re-Design, RD) sisältää laitteen toimintaan vaikuttavien osien tai rakenteiden kertaluonteisen muuttamisen. Toimenpide voi kattaa mm. uusia osia, rakenteiden uusimista tai toimintatapojen muuttamista.
- Vian salliminen (Run To Failure, RTF) on järkevä vaihtoehto, jos laitteelle ei ole löydetty mitään teknisesti tai taloudellisesti järkevää aika- taulutettua huolto- tai tarkastustoimenpidettä. Vian salliminen ei tarkoita, että siihen ei voitaisi varautua. Ennakoivalla suunnittelulla on mahdollista pienentää seisokissa kuluva-aikaa, koska korjausprosessi koostuu monesta eri toimenpiteestä, joita kuvio 11 esittää. (Marjakoski, 2011b 59–67; Moubray 1997, 14.)



KUVIO 11. Viankorjauksen eri toimenpiteet (Marjakoski, 2011, 66.)

5.4 Virtaviivaistettu RCM

Ongelma RCM-menetelmässä on, että se on todella raskas toteuttaa. Yleensä toimintojen ja vikaantumisten analysointi vaatii todella paljon aikaa, työtä ja resursseja ennen kuin päästään luomaan varsinaista kunnossapitosuunnitelmaa. Tämän vuoksi on kehitetty tapoja, joilla RCM:n tekemistä voidaan helpottaa ja nopeuttaa. Idea kevennyksessä RCM:ssä on se, että joitakin työvaiheita kevennetään tai standardisoidaan, millä saadaan vähennettyä työmäärää. Toinen yleisesti käytetty menetelmä on perustaa RCM kriittisyysanalyysin pohjalle. Kriittisyysanalyysissa kohteen eri osat pis-

teytetään, jonka jälkeen asetetun rajan ylittävät osat pääsevät RCM-analysoitavaksi. Edellä mainittuja kevennettyjä RCM-menetelmiä voidaan kutsua esimerkiksi virtaviivaistetuksi RCM:ksi (SRCM, Streamlined RCM). (Mikkonen 2009, 77–78.)

6 TPM–KOKONAISSVALTAINEN TUOTTAVA KUNNOS- SAPITO

6.1 TPM yleisesti

TPM (Total Productive Maintenance) kokonaisvaltaisen tuottavan kunnossapidon pääidea on luoda koneelle ideaaliset toimintaolosuhteet ja tämän jälkeen ylläpitää ne. J.M. Juran mielestä luotettavuuden väheneminen johtuu toimintaolosuhteiden hitaasta muutoksesta huonommiksi. Tämän vuoksi toimintaolosuhteita täytyy parantaa, jotta luotettavuus voidaan taas nostaa halutulle tasolle. (Järviö ym. 2011, 111.)

TPM:n isänä pidetään japanilaista Seiici Nakajimaa, joka omalla panoksellaan oli luomassa Japanin vahvaa talouskasvua 1970-luvun lopussa. Johtuen Japanin ja länsimaiden erottavista kulttuurieroista TPM-mallia ei voida suoraan kopioida länsimaihin, vaan se täytyy ”länsimaistaa”. Tästä huolimatta Nakajiman oppien peruspilarit pätevät myös länsimaissa. Nakajiman oppien peruspilarit ovat:

- Suunnittelun lisäys, jolla saadaan parannettua laitteiden tehokkuutta häviöitä karsimalla.
- Olemassa olevan kunnossapidon (ehkäisevä ja ennustava) parantaminen.
- Vaatimustasojen määrittäminen koulutettujen käyttäjien tekemille huolto ja puhdistustöille.
- Kunnossapidon ja käyttöhenkilöstön taitojen ja motivaation kohennus yksilö- sekä ryhmäkoulutuksilla
- Ehkäisevien kunnossapitotoimenpiteiden aloitus, mikä sisältää suunnittelun ja hankintojen kehittämisen. (Järviö ym. 2011, 111–112.)

6.2 TPM:n päämäärät

Laine (2010, 42.) toteaa, että TPM:n perustuvan joukkuepeliin ja siihen, että joukkueille kerrotaan, mikä on päämäärä ja joukkueiden jäsenet yksilöinä ja joukkueena pystyvät vaikuttamaan merkittävästi siihen, miten sinne päämäärään mennään.

TPM:n pääidea on, että koneet ja laitteet, joista tuotanto on riippuvainen, pidetään optimikunnossa suorituskky maksimoituna. Ilman käyttöhenkilöstön henkilökohtais- ta ja suoraa vastuuta tämä ei onnistuisi. Keskeisiksi päämääräksi TPM:ssä voidaan asettaa seuraavat asiat:

- koneen kokonaistehokkuuden maksimointi (aika, teho ja laatu-kertoimet)
- kunnossapitosysteemin kehitys, joka ulottuu koneen koko eliniäksi
- Ihmisten ja osastoiden liittäminen mukaan, joilla on osuutta koneen suunnit- telusta, käyttämisestä tai kunnossapidosta
- yrityksen henkilökunnan sitouttaminen kaikilta eri tasoilta
- kunnossapidon suunnittelun ja toteutuksen siirtäminen niille ryhmille, joilla on osuutta koneen toimintaan. Tyypillisesti ryhmä koostuu koneen käyttäjis- tä. (Mikkonen 2009, 79.)

6.3 5S-menetelmä

TPM:stä puhuttaessa ei voida välttää 5S:ltä. 5S:ää voidaankin pitää perustyökaluna TPM:lle, koska ilman hyvää siisteyttä ja järjestystä sen toteutus ei onnistu. 5S:llä siis- teys ja järjestys luodaan järjestelmällisesti, minkä jälkeen niitä tulee mitata. Mene- telmän nimi tulee Japanista ja siihen kuuluu viisi vaihetta, mitkä taulukko 1 esittää. (Laine 2010, 81.)

TAULUKKO 1. 5S:n vaiheet (Borris, 2006, 162–182.)

Vaihe	Kuvaus
Seiri lajittele ja erottele	Erottele mitä tarvitset tai et tarvitse päivittäin, viikoittain tai kuukausittain. Tavarat joita et tarvitse, laitetaan ”punaiselle alueelle”, jossa tulee seurata niiden käyttökertoja. Tarvittaessa käyttämättömät tavarat voidaan poistaa.
Seiton järjestä	Järjestä tarvitsemasi tavarat. Ne joita käytät useammin, tulee sijoittaa paremmin esille kuin harvemmin käytettävät.
Seiso puhdist ja kiillota	Pidä työympäristösi siistinä ja pyri minimoimaan lian aiheuttajat.
Seiketsu standardisoi	Vakiinnuta aiemmat vaiheet ja tarkkaile vaiheiden toteutusta ja aikataulua. Vaiheiden sisäistämisen apuna voi käyttää esimerkiksi valokuvia.
Shitsuke pidä tavoitteet	Pidetään tavoitteista kiinni ja pyritään muuttamaan ihmisten ajattelutapaa itseohjautuvaksi.

7 ODR–KÄYTTÄJÄKESKEINEN KUNNOSSAPITO

7.1 ODR yleisesti

Käyttäjäkeskeinen kunnossapito (Operator Driven Reliability, ODR) tarkoittaa kunnossapitotoimenpiteitä, joita käyttöhenkilöstö suorittaa. Termi käsittää käyttöhenkilöstön ja kunnossapidon yhteistyössä suorittamat kunnossapitotehtävät, millä halutaan vaikuttaa käyttövarmuuteen. Tehdyt kunnossapitotehtävät ovat yleensä ehkäiseviä, kuten esimerkiksi tarkastuksia. Toinen tärkeä osa käyttäjäkeskeisessä kunnossapidossa on havaita muutokset kohteen toiminnassa. Käyttöhenkilöstön aistit ovat

loistava havainnointitapa, joilla voidaan huomata muutokset äänen, näön, hajun tai värähtelyn perusteella. (Numminen 2005, 32–33.)

ODR voidaan miettiä koko yrityksen laajuiseksi tiimiprosessiksi, mikä optimoi tuotantolaitoksen toiminnon laajentaen samalla käyttöhenkilöstön vastuualueita. ODR voi parhaimmillaan parantaa yksittäisen laitteen tehokkuutta, joka johtaa osaltaan koko laitoksen tuotannon parannukseen. ODR:n mahdollisuuksista huolimatta tulee muistaa, että sitä ei tule pitää laitoksen ainoana kunnossapito-ohjelmana. ODR:n tulisi ennen kaikkea täydentää RCM tai TPM-menetelmää. (Mts. 32–33.)

ODR voidaan jaotella kolmeen eri osa-alueeseen:

- Laitteiden käyttöön liittyviin toimenpiteisiin (Equipment Operating Procedures, EOP), jotka laitevalmistajat määrittävät. Ajan myötä toimenpiteet muuttuvat kokemusten mukaisiksi parhaiksi käytännöiksi.
- Käyttöhenkilöstön ja kunnossapidon päivittäisessä yhteistyössä havaitsemiin tarpeisiin (OIM, Operator Involved Maintenance).
- Käyttöhenkilöstön itsenäisesti suoritettaviin kunnossapitotehtäviin (Operator Performed Maintenance, OPM), joilla parannettavaan laitteiden käytettävyyttä. Kunnossapitotehtävät sisältävät mm. tarkastuksia, puhdistuksia sekä korjauksia. (Mts. 32–33.)

”Minä ajan, sinä korjaat” on yleinen käyttöhenkilöstön mielikuva ODR kohtaa. Käyttöhenkilöstöllä on usein mielikuva ODR:stä, että heidän pitäisi itse pystyä korjaamaan laitteet vaikka näin asia ei ole. ODR:n yksi päätavoitteista onkin häivyttää raja-aitaa kunnossapidon ja käyttöhenkilöstön kesken sekä luoda yhteishenkeä, jossa ollaan yhdessä vastuussa koneen toimimisesta. ODR ei aseta tavoitteita vain koneiden käyttäjille vaan kaikille ammattiryhmille, joita taulukko 2 esittää. (Mts. 33.)

TAULUKKO 2. ODR:n tavoitteet eri ammattiryhmille (Markkanen 2011, 19)

Käyttäjät	<ul style="list-style-type: none"> • Kertynyt tieto tulee dokumentoida asianmukaisesti. • Käyntikierrokset tulee olla mielekästä toteuttaa. • Enemmän käynninaikaisia tarkastuksia kuin vikojen perässä juoksemista.
Kunnossapitäjät ja ennakkohuolto	<ul style="list-style-type: none"> • Säännölliset kenttäkierrokset • Resursseja erikoisosaamista vaativiin tehtäviin • Prosessituntemuksen paraneminen käytön yhteistyön kautta
Käyttöinsinöörit ja -päälliköt	<ul style="list-style-type: none"> • Tuotannon maksimointi • Vähemmän suunnittelemtomia seisokkeja • Kunnossapidon laitosmiesten osaaminen ja kokemus osaksi käyttäjien toimintatapoja
Kunnossapitoinsinöörit ja -päälliköt	<ul style="list-style-type: none"> • "Käynnissäpitostrategian" suunnittelu yhdessä tuotannon kanssa • Panostusta ennakoiwaan toimintaan • Reagointikyky toistuvien vikojen varalle

7.2 Käyttöönotto

Onnistunut ODR:n käyttöönottoa ei ole vain nopea muutosprosessi, vaan se vaatii tarkan suunnitelman, sisällön ja tavoitteet. Käyttöönoton alussa olisi hyvä pitää koulutusta käyttöhenkilöstölle ja kunnossapidolle, missä kerrotaisiin ODR-ohjelman sisällöstä ja tavoitteista. Tämän jälkeen kaikkien tulisi ymmärtää mistä ODR:ssä on kyse ja mitä sillä halutaan saavuttaa. (Markkanen 2011, 18–19.)

ODR-ohjelman alussa tulee miettiä tarkoin määriteltyjä ja tavoitteellisia kunnossapitotehtäviä, jotka käydään läpi käyttöhenkilöstön ja kunnossapidon kesken. Kunnossapitotehtävät tulisi testata käytännössä kenttäkierroksilla ja tehdä tämän jälkeen tarvittavia muutoksia. Kunnossapitotehtävien tulisi kattaa mm. mitä kohteelle pitää tehdä, milloin tehdään, miten tehdään ja kuka tekee. (Mts. 19.)

ODR:n laadukas toteuttaminen ei onnistu ilman käyttöhenkilöstön motivaatiota. Käyttöhenkilöstöä tulisikin muistaa motivoida ja kannustaa, kuinka tärkeä heidän osuutensa on ODR:n jokapäiväisessä toiminnassa. Mikäli käyttäjä löytää poikkeamia kohteen toiminnassa, tulisi häntä informoida löydetyistä ongelmista ja näistä seu-

ranneista kunnossapitotoimenpiteistä, koska tällainen toiminta on omiaan nostattamaan käyttäjän motivaatiota ODR-toimintaa kohtaan. Porkkanaksi ODR- toimintaan voidaan myös miettiä jonkinlaista palkitsemismallia, joka palkitsee hyvistä ja laadukkaasta ODR-toiminnasta. (Mts. 19–20.)

7.3 Mittaaminen

ODR:n hyödyt tulisi jollain tavalla pystyä mittaamaan. Hyvinä mittareita toimivat käytettävyyys (K), toiminta-aste(N) sekä laatukerroin (L), jotka keskenään kerrottuna muodostavat kokonaistehokkuuden, KNL (Overall Equipment Effectiveness, OEE). (Numminen, 2005, 34.) Käytettävyyden (K) laskenta on esitetty luvussa 4.3. PSK 7501-Standardi (2010, 7.) määrittää toiminta-asteen ja laatukertoimen laskentakaavoiksi:

$$\text{Toiminta-aste (N)} = \frac{\text{Tuotanto}}{\text{Nimellistuotantokyky} \times \text{käyttöaika}} [\%]$$

$$\text{Laatukerroin (L)} = \frac{\text{Tuotanto} - \text{Hylätty tuotanto}}{\text{Tuotanto}} [\%]$$

Muita käyttökelpoisia mittareita ovat kunnossapidon kokonais – ja kohdennetut kustannukset sekä keskimääräinen vikaantumisväli (MTBF). MTBF:n laskenta on esitetty luvussa 3.2.

8 LÄHTÖTILANNE OPINNÄYTETYÖTÄ ALOITETTAESSA

8.1 Tutkimustehtävä ja sen raja

Opinnäytetyö rajattiin koskemaan uutta Longcheng Q376 -hiekkapuhallinkonetta. Tehtaan Flexipad-tuotantoprosessin kannalta hiekkapuhallin on todella kriittinen, koska sen rikkoutuessa Flexipad-tuotantoprosessi tulee puskurivarastojen loputtua pysähtymään. Hiekkapuhallimella puhalletaan metallilevyjä, jotka tulevat Flexipadien

sisälle. Flexipadeihin meneviä metallilevyjä puhalletaan kuukaudessa noin 28 000 - 30 000 kappaletta. Hiekkapuhallin ostettiin tammikuussa 2012. Uuden koneen ostaminen oli edullisempi vaihtoehto kuin vanhan korjaaminen, joka kärsi lievän tulipalon aiheuttamista kastumisvaurioista joulukuussa 2011.

Opinnäytetyön tietopohjana käytettiin useaa eri kunnossapidon teoriaa, joita yhdistelemällä saatiin luotua kaikista sopivin malli Teknikum Suzhoulle. Hiekkapuhalluskone oli melko uusi, joten ei ollut tarkkaa tietoa, kuinka se vikaantui. Vikahistorian keräämisellä mitattiin hiekkapuhaltimen toiminta- ja korjausaikoja sekä selvitettiin, mitkä kohteet hiekkapuhalluskoneesta vikaantuvat.

Luotettavuuskeskeisellä kunnossapidolla (RCM, Reliability Centered Maintenance) selvitettiin hiekkapuhaltimen toiminta, vikaantuminen ja vian vaikutukset sekä tutkittiin mahdolliset kunnossapidolliset toimenpiteet paremman käytettävyyden saamiseksi. RCM:n ja vikahistorian avulla voitiin ymmärtää, miten ja kuinka usein hiekkapuhallin vikaantui. Tämän jälkeen hiekkapuhaltimelle ja sen käyttöympäristölle tuli luoda tavoitteellinen toimintataso, johon käyttäjäkeskeinen kunnossapitosuunnitelma pyrki. Toimintataso luotiin kokonaisvaltaisen tuottavan kunnossapitosuunnitelman oppeja mukaillen, missä kohde mm. kunnostettiin, puhdistettiin ja tarkastettiin.

8.2 Tutkimustavat ja tiedonhankinta

Tutkimusmenetelmät voidaan jakaa empiiriseen tai teoreettiseen tutkimukseen. Tässä opinnäytetyössä käytettiin empiiristä tutkimusta, jonka tavoitteena oli kartoittaa, ennustaa, selittää tai arvioida. Empiirinen tutkimus voidaan jakaa kvalitatiiviseen ja kvantitatiiviseen tutkimukseen. Kvalitatiivinen eli laadullinen tutkimusote soveltuu luonnollisiin tilanteisiin, joita ei voida järjestää kokeeksi. Laadulliselle tutkimusotteelle on tyypillistä, että se muokkautuu tilanteen ja tutkimuskohteen mukaan. Kvalitatiivisessa tutkimusmenetelmässä aineistoa kerätään mm. haastatteluilla, havainnoinnilla sekä kirjallisilla kertomuksilla. Kvantitatiivisessa tutkimuksessa avainasemassa ovat lukumäärät ja prosenttiosuudet, koska ilmiötä analysoidaan numeerisesti.

Tätä opinnäytetyötä voidaan pitää kehittämishankkeena, jossa pyrittiin parantamaan olemassa olevan toiminnan tasoa tai luomaan edellytykset tuotannon kehittämiseen. Kehittämishankkeelle ominaisia piirteitä ovat ongelmalähtöisyys, suunnitelmallisuus sekä osallistuvuus, jossa tutkija itse osallistuu tutkittavan kohteen toimintaan.

Tässä opinnäytetyössä käytettiin empiirisiä välineitä, kuten lomakekyselyitä, haastatteluja, mittarointia sekä analysointia. Lomakekysely suunnattiin hiekkapuhaltimen operaattoreille sekä kunnossapidolle. Kyselystä lisää luvussa 8.5. Haastattelut vaihtelivat yksiöhaastatteluista parihaastatteluihin tilanteen mukaan. Haastatteluja tehtiin hiekkapuhaltimen valmistajalle ja tuotannon sekä kunnossapidon esimiehille. Vikahistorian mittarointi oli pääosin kvantitatiivista, millä haluttiin saada numeerista näyttöä mahdollisesta kehityksestä. Kertynyt vikahistoria analysoitiin, millä pyrittiin saamaan hyötyä kunnossapito- sekä käyttäjäkeskeisen kunnossapitosuunnitelman luomiseen.

8.3 Kulttuurierot

Kun autosta loppuu bensa, niin vikaa etsitään vaihdelaatikosta tai moottorista, koska niiden tehtävänä on liikuttaa autoa.

Cary Kilpinen

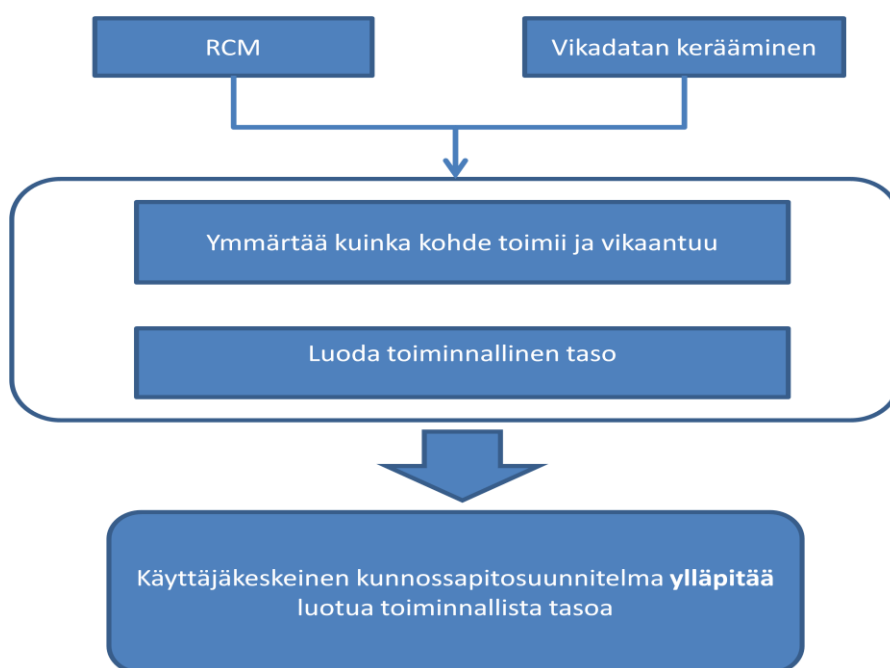
Se, mitä Suomessa pitää itsestäänselvyytenä, ei välttämättä ole sitä Kiinassa. Tästä johtuen on monia seikkoja, joita ei tiedä tai ylipäättänsä pysty käsittämään. Esimerkiksi jos Suomessa ruuvi kiristettäisiin 80 Newton-momenttiin, niin Kiinassa ei välttämättä tiedetä, mikä on momenttiavain ja vaikka tiedettäisiin, niin tuskin sitä osataisiin käyttää oikealla tavalla. Konkreettisena esimerkkinä itsestäänselvyksistä minulle oli Longcheng Q376 -hiekkapuhalluskoneen käyttömanuaali. Suomessa ja ylipäättänsä länsimaissa teknisten koneiden käyttömanuaalit ovat hyvin kattavat. Kun Suomessa vastaavanlaisen hiekkapuhalluskoneen manuaali voisi helposti olla lähemmäs 1000 sivua paksu tiiliskivi, niin kiinalaisen Longcheng Q376 -

hiekkapuhalluskoneen käyttömanuaali oli vaivaiset 23 sivua. Tämä esimerkki kuvastaa aika hyvin niitä vastakohtia, joihin opinnäytetyötä tehdessäni törmäsin.

Opinnäytetyön toteutuksen kannalta merkittävin ero oli se, että Kiinan teollisuudessa, ennakoiva kunnossapito ei ole vielä kovin tunnettua. Laitteet korjataan vasta, kun ne eivät toimi. Korjaustapa ei ole aina kaikista paras ja tämän vuoksi asennusvirheitä johtuvat viat ovat todella yleisiä. Nämä tekijät loivat haasteita ja ne täytyi pystyä huomioimaan opinnäytetyössä.

8.4 Toimintasuunnitelma

Opinnäytetyön aluksi täytyi miettiä oikeita toimintatapoja, millä ratkaistiin tutkimusongelmat. Mikään yksittäinen kunnossapidollinen teoria ei itsessään tuonut haluttua tulosta, joten eri teorioita täytyi pystyä yhdistelemään sujuvasti. Kuvio 12 esittää toimintatapoja tutkimusongelman ratkaisemiseksi.



KUVIO 12. Toimintametodit tutkimusongelman ratkaisemiseksi

Koska hiekkapuhallin oli melko uusi, ei ollut tietoa siitä, miten ja kuinka usein se vikaantui. Tämän vuoksi täytyi aloittaa tiedon kerääminen hiekkapuhaltimen vikaan-

tumisista. Vikahistorian kerääminen aloitettiin heti opinnäytetyön alussa ja sitä tultiin keräämään koko opinnäytetyön ajan.

Hiekkapuhalluskoneen toiminta ei ollut minulle entuudestaan tuttua, joten aluksi täytyi tutustua sen toimintaan. Toimintaan tutustumisen jälkeen huomio siirtyi hiekkapuhaltimen toimintoihin ja vikaantumisiin. RCM-menetelmiin pohjautuva tutustuminen tuntui kaikista toimivimmalta ratkaisulta määrittää kohteen päätoiminnot ja vikaantumiset, koska samalla opin laitteen toiminnot ja yleisimmät vikaantumistavat.

RCM:n käyttö ei ollut päämäärä vaan ennen kaikkea työkalu saada tietoa hiekkapuhaltimen päätoiminnoista ja vikaantumisista, mitkä auttaisivat varsinaisen tutkimustehtävän käsittelyssä. RCM:n täysmittainen käyttö ei ollut vaihtoehto, koska se olisi ollut liian raskas näihin käyttöresursseihin. Ajattelin vika historian keräämisen ja RCM:n luovan ymmärryksen sekä tietopohjan, kuinka ja milloin hiekkapuhallin toimii tai vikaantuu.

RCM-menetelmän loppuvaiheessa täytyi miettiä, onko olemassa teknisesti ja taloudellisesti järkevää toimenpidettä, millä hiekkapuhalluskoneen mahdolliset vikaantumiset saataisiin kuriin. Toimenpiteiden tarkoitus oli parantaa tavoitteellista toimintatasoa, johon tulisi aina pyrkiä. Toimintatasoa tultiin mittaamaan ennen kaikkea käytettävyydellä. Käytettävyyden lisäksi hiekkapuhaltimen sekä sen toimintaympäristön puhtautta tuli parantaa, mutta näille asioille ei ollut varsinaista mittaria. Käytettävyydelle ei ollut annettu Teknikum Suzhoun puolesta mitään tavoitteita, mutta pyrin yli 90 % käytettävyyteen. Ilman toimenpiteitä en uskonut, että haluttuun toimintatasoon päästäisiin.

Toimintatason määrittäminen oli oleellinen osa TPM-keskeistä lähestymistapaa, koska se toimi tavoitteellisenä tasona varsinaiselle tutkimustehtävälle, *käyttäjäkeskeiselle kunnossapitosuunnitelmalle*. Käyttäjäkeskeinen kunnossapitosuunnitelman ideana oli ylläpitää tavoitteellista toimintatasoa erilaisten toimenpiteiden turvin.

8.5 Kysely hiekkapuhaltimen operaattoreille ja kunnossapidolle

31.5.2012 tein kyselyn hiekkapuhalluskoneen operaattoreille ja Teknikum Suzhoun kunnossapidolle. Kyselyssä halusin selvittää operaattoreiden ja kunnossapidon tietämystä ja mielenkiintoa koneen toimintaa ja vikaantumista kohtaan. Kyselyn tärkein anti oli tiedustella kyselyyn vastanneiden kiinnostusta ja motivaatiota tehdä erinäisiä tehtäviä hiekkapuhaltimelle ja sen toimintatilalle. Kyselyssä kysyin seuraavia asioita:

- Kuinka tunnet koneen toiminnan?
- Olisiko mielenkiintoa oppia tuntemaan koneen toiminta ja vikaantuminen paremmin?
- Haluaisitko tehdä tarkistuksia, puhdistuksia ja kirjauksia, jos kone toimisi näin paremmin? (operaattorit)
- Uskotko näiden tekojen parantavan koneen toimintaa?

8.6 Vikahistorian keräämisen aloitus ja analysointi

Idea vikahistorian keräämisestä syntyi heti opinnäytetyön alussa. Vikahistorian keräys auttoi RCM:n tekemistä, koska sitä kautta tuli tietoa, kuinka hiekkapuhallin vikaantui. Keräämisen täytyi olla järjestelmällistä, jotta siitä sai täyden hyödyn. Tavoite oli, että kaikki hiekkapuhaltimen vikaantumiset kirjattaisiin. Vikahistorian kerääminen aloitettiin 9.5.2012 ja sitä kerättiin aina opinnäytetyön loppuun asti. Ideana oli synnyttää toimintakulttuuri, jossa vikahistoriaa kerättäisiin automaattisesti opinnäytetyön jälkeenkin.

Vikakirjauslomakepohja muodostui pitkälti opinnoissa opituiden esimerkkien pohjalta. Lomakkeen tuli olla kiinaksi kirjoitettu operaattoreita ja kunnossapitoa varten, joten tuotannon esimies Wangting Song käänsi englanniksi tekemäni lomakepohjan kiinaksi. Lomakepohjan tuli olla sopiva Teknikum Suzhoun toimintaan ja se sisälsi seuraavat kohdat:

- päivämäärä
- vian alkamisaika
- vian päättymisaika
- vian kohde (mahdollisimman tarkasti)
- vian havainnointitapa
- tehty kunnossapitotoimenpide
- operaattorin/ kunnossapidon kuittaus.

Vikakirjauslomake laitettiin hiekkapuhaltimen huoneen oveen, jossa siihen oli helppo kirjata mahdolliset vikaantumiset. Paperisen vikakorjauslomakkeen järjestelmällinen analysointi olisi ollut vaikeata ja hidasta, joten tämän vuoksi tiedot täytyi kerätä Excel-taulukkoon viikoittain. Yksi vikakirjausjakso oli viikon mittainen, koska se oli mielestäni sopivan pitkä aika tietojen kertymiselle ja analysoinnille. Tarkastelujakso alkoi aina torstaiaamuna ja loppui seuraavan viikon torstaiaamuna, minkä jälkeen alkoi uusi tarkastelujakso.

Pääsyy hiekkapuhaltimen vikaantumisten kirjaukseen oli halu saada lisätietoa hiekkapuhaltimen vikaantumisista, vikakorjausajoista sekä vikaväleistä. Ilman näitä tietoja hiekkapuhaltimen toimintaa olisi ollut vaikea mittaroida. Kertyneestä vikahistoriasta analysoitiin seuraavat asiat:

- **Käytettävyys** vertaili viikoittaisia eroja, koska se huomioi juuri ne tekijät (MTTF ja MTTR) joihin pyrin vaikuttamaan.
- **(M)TTF** mittasi aikaa hiekkapuhaltimen kunnostamisesta seuraavaan vikaantumiseen.
- **(M)TTR** mittasi, kuinka kauan kesti korjata hiekkapuhallin takaisin toimintakuntoon. MTTR oli sikäli hyvä mittari, että se huomioi mahdolliset varaosien hakemiset ”romutorilta” tai korjausmiehen odotusajat.
- **Vian kohde** kuvasi, mikä laite hiekkapuhaltimesta oli rikki.
- **Vikamuodon** tarkoituksena oli kuvata, miten kohde vikaantui.
- **Vian havainnointitavalla** halusin tietää, kuinka hiekkapuhallinkoneen operaattori tai kunnossapito havaitsi vian.

- **Tehty toimenpide** kertoi, mitä vikaantuneelle laitteelle tehtiin, jotta se saatiin takaisin toimintakuntoon. Tiedon tärkein anti oli tietää, vaihdettiinkö uusi osa tilalle vai korjattiinko vanhaa.

Ennen varsinaista analysointia Song käänsi merkinnät englanniksi, koska kaikki operaattoreiden ja kunnossapidon tekemät merkinnät oli tehty kiinaksi. Tämän jälkeen kaikki merkinnät täytyi kirjata uudelleen Excel-taulukkoon, koska se oli mielestäni ainut järkevä ja johdonmukainen tapa analysoida kertynyttä dataa. Kaikki lomakkeelle kertyneet tiedot analysoitiin jokaisella tarkastelujaksolla erikseen, jotta pystyttiin näkemään mahdolliset yksittäiset ongelmaryhmät ja miettimään syitä näille. Pääpaino analysoinnissa oli viankohteella, vikamuodolla, MTTF:llä sekä MTTR:llä. Analysoinnin jälkeen yksittäinen tarkastelujakso lisättiin Excel-välilehdelle, johon oli koottu kaikkien viikkojen tarkastelujaksoista kertyneet tiedot. Viikoittaisen analysoinnin ja koonnin lisäksi erottelin vian kohteille sattuneet vikaantumiset eri välilehdille, koska se helpotti RCM:n menetelmiin pohjautuvaa vikamuoto- tarkastelua.

9 KEVENNETTY RCM–ANALYYSI HIEKKAPUHALTIMELLE

9.1 Toiminnot

Toimintaprosessi

Hiekkapuhallinta (ks. kuvio 13) käytetään yleensä kahdessa vuorossa 6 päivänä viikossa. Yksi työvuoro on joko 8 tai 12 tunnin mittainen sisältäen yhden tai kaksi puolen tunnin ruokataukoa vuoron kestosta riippuen.



KUVIO 13. Longcheng Q370 -hiekkapuhallin

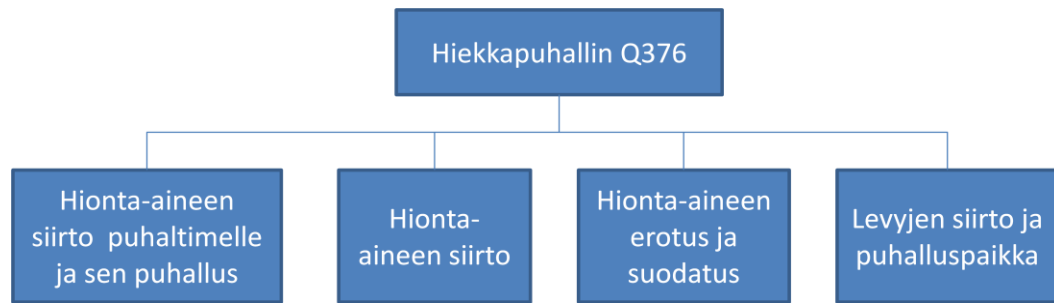
Hiekkapuhaltimen toiminta ei ollut minulle ennalta tuttua, joten aluksi täytyi perehtyä siihen. Liitteeseen 1 on kuvitettu hionta-aineen kiertokulku Longcheng Q370 -hiekkapuhaltimessa. Hiekkapuhaltimen toiminta on monivaiheinen:

1. Hiekkapuhallettavat metallilevyt asetetaan roikkuvaan telineeseen.
2. Käyttömoottori siirtää telineen hiontakaappiin siirtoraidetta pitkin. Hiontakaapin ovet suljetaan pneumaattisilla sylintereillä. Tämän jälkeen varsinainen hiekkapuhallusprosessi on valmis alkamaan.
3. Hiontakaapissa teline alkaa pyöriä akselinsa ympäri sitä pyörittävän moottorin avulla.
4. Samalla hionta-aine siirtyy painovoiman avulla syöttötunnelista syöttöputkeen, josta se johdetaan syöttöhäkkiin.
5. Hionta-aine pudotetaan syöttöhäkistä puhaltimen siiville.
6. Siivet ampuvat hionta-aineen haluttuun kohteeseen hiontakaapissa.
7. Osuttuaan haluttuun kohteeseen hionta-aine putoaa hiontakaapin pohjalle, jossa ruuvikuljetin siirtää hionta-aineen hissikuljettimeen.

8. Hissikuljettimen kauhat siirtävät hionta-aineen ylös, josta se siirtyy painovoiman avulla erottimelle.
9. Erotin erottelee ”hyväksytyn”, liian painavan ja kevyen hionta-aineen toisistaan alipaineen ja painovoiman avulla:
 - Hyväksytty hionta-aine siirtyy syöttötunneliin.
 - Liian painava hionta-aine ja muut painavat partikkelit putoavat poistaukosta jätesäiliöön.
 - Kevyt hionta-aine siirtyy alipaineen avulla kohti suodatinta.
10. Suodattimessa kevyt ja pölyävä hionta-aine imetään suodattimen pintaan, josta se poistetaan jätesäiliöön jaksottaisten painesysäysten avulla.
11. Hiontakaapissa pölyävä hionta-aine imetään keskipakopuhaltimeen, jossa se erottelee hionta-aineen sen koon mukaan. Raskaampi aine poistetaan jätesäiliöön ja kevyempi hionta-ainepöly siirtyy alipaineen avulla suodattimeen.
12. Varsinaisen hiekkapuhallus prosessin loputtua ovet avataan ja puhallettava kohde vedetään pois siirtoraidetta pitkin.
13. Hiekkapuhalletut metallilevyt irrotetaan telineestä, minkä jälkeen tilalle asetetaan uudet levyt.
14. Prosessi on valmis alkamaan alusta.

Toimintojen määrittäminen

Toimintaprosessiin perehtymisen jälkeen oli vuorossa toimintahierarkian määrittely. Hiekkapuhallin rajattiin neljään eri osaprosessiin (kuvio 15) fyysisen sijainnin ja kohteen toimintojen perusteella, koska pienempiä osaprosesseja oli helpompi ymmärtää ja käsitellä. Sähkökaappi jätettiin rajauksen ulkopuolelle, koska sen toimintojen ymmärtäminen olisi vaatinut syvällistä teknistä osaamista aiheesta, jota minulla ei ollut. Rajauksesta huolimatta sähkökaappi otetaan huomioon vikahistoriassa ja mahdollisia kunnossapitotoimenpiteitä miettiessä.



KUVIO 14. Hiekkapuhaltimen osaprosessit

Toimintahierarkian valmistuttua oli vuorossa varsinaisten toimintojen ja niiden suorituskyvyn määrittely. Suorituskykytason määrittely oli vaikeaa, koska tietoa ei ollut paljoa saatavilla. Tämän vuoksi suorituskykytasoa kuvaava vaatimuslista jäi vajavaksi ja näihinkin tietoihin tuli suhtautua kriittisesti. Vaatimuksia etsin laitetoimittajan manuaalista, vastaavanlaisen hiekkapuhaltimen manuaalista sekä eri laitekomponenttien laitekilvistä. Lisäksi haastattelin laitetoimittajan edustajaa, Herra Huta, Teknikum Suzhoun kunnossapitoa, Kevin Yaoata sekä tuotannon esimies, Songia. Keräämisen tarkoituksena oli luoda kohteelle toiminnalliset rajat, joissa se toimii ”normaalisti”. Esimerkkinä toiminnallisesta rajasta toimikoon hionta-aineen syöttö syöttötunnelista puhaltimelle: syöttää maksimissaan 180 kg/min ja minimissään 121 kg/min. Prosessin kannalta oleelliset ja vikaherkimmät toiminnot rajattiin tarkempaan tarkasteluun. Vikakirjauksista sekä keskusteluista kunnossapidon ja tuotannon esimiehen kanssa oli pääteltävissä tietyt toiminnot, jotka olivat herkempiä vikaantumaa. Hiekkapuhaltimen toimintoja määritettiin yhteensä 18 kappaletta, joista tarkempaan tarkasteluun otettiin kuusi toimintoa. Taulukko 3 esittää valitut toiminnot.

TAULUKKO 3. Hiekkapuhaltimen valitut toiminnot

Kohde	Toiminto	ID	Toiminnalliset rajat
Hionta-aineen siirto puhaltimelle ja sen puhallus	Syöttää hionta-aine syöttötunnelista puhaltimelle	1	Syöttää maksimissaan 180 kg/min
			Syöttää minimissään 121 kg/min
	Puhaltaa hionta-aine haluttuun kohteeseen.	2	Virrankulutus maksimissaan 14,9 A
			Toiminnallinen minimi 9,9 A
			Maks. puhalluskapasiteetti 180kg/min (14,9 A)
			Min. puhalluskapasiteetti 121kg/min (9,9 A) (Normaalikäytössä 121-145 kg/min, 9,9-12 A)
Hionta-aineen siirto	Siirtää puhallettu hionta-aine ruuvikuljettimella hissikuljettimeen.	3	Maksimi siirto- ja nostokyky 30 t/h Toiminnallinen minimi 14,64 t/h (9,9 A)
	Nostaa hionta-aine erottimelle	4	
Hionta-aineen erotus ja suodatus	Erotaa hissikuljettimelta tullut hionta-aine alipaineen avulla	5	Maksimi erotuskyky 30 t/h Minimi erotuskyky 14,64 t/h (9,9 A)
			Puhalluksen oltava erottimella minimissään 4m/s ja maksimissaan 5m/s
Levyjen siirto ja puhalluspaikka	Sulkea hiontakopin ovet	6	

Toiminnallisista rajoista puhuttaessa esille nousee virrankulutus ampeereina. Se esittää, kuinka paljon kuormaa (hionta-ainetta, kg/min) tulee yhdelle puhaltimelle ja sitä myöten paljonko se kuluttaa virtaa. Virrankulutusmittari sijaitsee sähkökaapin ovessa.

9.2 Toiminnalliset viat

Toiminnalliset viat kohdistettiin RCM:n ensimmäisessä vaiheessa rajattuihin kuuteen toimintoon, jotka kohdistuivat hiontaprosessin kannalta oleellisimpiin ja vikaherkimpiin toimintoihin. Toiminnallisia vikoja mietin toiminnallisten rajojen kautta, missä toiminnallinen vika voi johtaa kohteen joko osittaiseen tai totaaliseen vikaantumiseen. Sivulla 39. esitettyssä esimerkissä oli annettu toiminnolle rajat: syöttää hionta-ainetta maksimissaan 180 kg/min ja minimissään 121 kg/min. Mikäli hionta-ainetta syötettäisiin vain esimerkiksi 110 kg/min, niin se toimisi osittaisessa toiminnallisessa viassa, kun 0 kg/min tarkoittaisi totaalista vikaantumista. Taulukko 4 esittää toiminnalliset viat.

TAULUKKO 4. Hiekkapuhaltimen toiminnalliset viat

Toiminto	ID	Toiminnallinen vika
Syöttää hionta-aine syöttötunnelista puhaltimelle	1	Ei syötä hionta-ainetta syöttötunnelista puhaltimelle
		Syöttää yli 180kg/min
		Syöttää alle 121 kg/min
Puhaltaa hionta-aine haluttuun kohteeseen	2	Virrankulutus yli 14,9 A
		Virrankulutus alle 9,9 A
		Puhallus yli 180kg/min
		Puhallus alle 121 kg/min
		Levyjen puhtaus ja karheus eivät täytä Teknikum laatukriteerejä
Siirtää puhallettu hionta-aine ruuvikuljettimella	3	Siirtää yli 30 t/h
		Siirtää alle 14,64 t/h
Nostaa hionta-aine erottimelle	4	Nostaa yli 30 t/h
		Nostaa alle 14,64 t/h
Erottaa hissikuljettimelta tullut hionta-aine alipaineen avulla	5	Erottelee yli 30 t/h
		Erottelee alle 14,64 t/h
		Puhaltaa alle 4 m/s erottimella
		Puhaltaa yli 5 m/s erottimella
Sulkea hiontakaapin ovet	6	Hiontakaapit ovet eivät sulkeudu kokonaan
		Hiontakaapin ovet eivät sulkeudu ollenkaan

Toiminnallisiin vikoihin liittyy usein hälytyksiä. Hälytysten tarkoituksena on ilmoittaa, että ”jokin on menossa vialle tai on jo vialla”. Hiekkapuhalluskoneen hälytykset rajattiin pois, koska sen kummemmin Longchengin henkilöstöllä, kunnossapidolla kuin operaattoreillakaan ei ollut esittää riittävää informaatiota hälytyksistä ja eikä siitä, mistä ne johtuvat

9.3 Vikamuodot

Vikamuotojen kohdistus

Vikamuoto kohdistetaan aina yksittäiseen kunnossapidettavaan kohteeseen (laitteeseen). On yleistä, että laitteet nimetään ja ”koodataan” yrityksen määrittämällä tavalla, kuten esimerkiksi: pumppu-37-PU015447. Yksilöllinen nimeäminen on välttämätön ison yrityksen kunnossapidolliselle toiminnanohjausjärjestelmälle, koska ilman sitä hierarkian luonti ja käyttö on vaikeaa. Teknikum Suzhoun tapauksessa ”teennäinen” nimeäminen jätettiin pois, koska en uskonut siitä olevan hyötyä. Teknikum Suzhoulla ei ollut käytössä kunnossapidon toiminnanohjausjärjestelmää, joka hyödyn-

täisi tietoa. Laitteita tultiin käsittelemään edelleen ”kansanomaisilla” termeillä, kuten puhallinyksikkö 1, puhallinyksikkö 1:n käyttömoottori jne.

Vikamuotojen analysointi

Vikamuotoja ei ollut kerätty valmiiksi, joten aluksi täytyi miettiä keinot, kuinka niitä kerättäisiin. Ratkaisu ongelmin oli kolmivaiheisen prosessi, jolla kerättiin ja analysoitiin vikamuotoja. Ensimmäisessä vaiheessa analysoitiin kerättyä vikahistoriaa, mistä tutkittiin vian kohteita ja niiden vikamuotoja. Toisessa vaiheessa tuli miettiä kaikkia mahdollisia ja realistisia vikamuotoja, mitä Q376 -hiekkapuhalluskoneelle voisi tapahtua. Kolmas ja tärkein vaihe oli keskustelu kunnossapidon esimiehen Yaon sekä tuotannon esimies Songin kanssa kerätyistä vikamuodoista sekä mahdollisista uusista vikamuodoista. Keskustelussa mietittiin myös vian vaikutuksia, havainnointitapoja sekä vikojen piilevyyttä. Yao ja Song tuntevat koneen toiminnan hyvin, joten keskustelu oli todella tärkeä osa vikamuotojen määrittämistä.

Kaikkia kertyneitä vikamuotoja ei ollut järkevää ottaa tarkempaan tarkasteluun, vaan niistä rajattiin epätodennäköisimmät pois. Vikamuotojen valinnassa painotettiin vian realismia, vikaherkkyttä ja vaikututusta hiekkapuhaltimen toimintaan.

Kolmivaiheisen prosessin jälkeen hiekkapuhalluskoneelle kertyi vikamuotoja yhteensä 71 kappaletta. Osa vikamuodoista on mainittu useamman kerran, koska yksittäinen vikamuoto voi aiheuttaa useamman toiminnallisen vikaantumisen.

Keskustelin Yaon sekä Songin kanssa vikamuotojen realismista ja tärkeydestä. Mielipiteemme eivät olleet täysin yhtenevät, sillä minä pidin 29 vikamuotoa todennäköisenä ja Yao sekä Song pitivät 33 vikamuotoa todennäköisenä. Lopulta valitsin 30 vikamuotoa tarkempaan tarkasteluun.

9.4 Vian vaikutukset ja seuraukset

Yleisen RCM-teorian mukaan vian vaikutukset ja seuraukset tulisi käsitellä erikseen, mutta tässä tapauksessa asioita mietittiin yhdessä, koska mielestäni se soveltui paremmin aiemmin esiteltyyn toimintametodiin. Teorian mukaan vikojen vaikutuksia ja

seurauksia tulisi miettiä kaikille ilmenneille vikamuodolle, mutta tässä tapauksessa kohdistin ne vain todennäköisemmille. Syy tähän on, että vian vaikutuksia ja seurauksia mietittiin jo vikamuotojen yhteydessä Yaon ja Songin kanssa käydyssä keskustelussa, jossa epätodennäköisimmät rajattiin pois

Vaikutusten ja seurausten kohdistus vikamuodoille

Vian vaikutukset ja seuraukset kohdistettiin vikamuodoille, joiden todettiin olevan todennäköisimmät. Yhdestäkään vikamuodosta ei aiheutunut suoranaisesti vaaraa ympäristölle tai ihmisille, joten ne vaikuttivat pääosin koneen toimintaan, mistä seurasi suoraan tai välillisesti tuotannon menetyksiä. Vikamuodot vaikuttivat koneen toimintaan, joko heikentämällä toiminnallista tasoa (esim. alipainepuhallin pyörä liian hitaasti), pysäyttämällä hiekkapuhaltimen toiminnan (esim. hissikuljetin jumittunut) tai aiheuttamalla laatuhäviötä (vikamuoto aiheuttaa välillisesti laatuhäviötä).

Osa vikamuodoista heikensi toiminnallista tasoa ja tästä seurasi laatuhäviötä. Esimerkkinä hot spotin (kohta mihin hionta-aine tähdätään) väärä suuntaus, mistä seurasi se, että levyt eivät saaneet riittävästi laadukkaita osumia, jolloin levyt eivät täytäneet Teknikum Suzhoun laatukriteerejä.

Toinen mahdollisuus oli, että vikamuoto heikensi aluksi toiminnallista tasoa ja jatkessaan pysäytti hiekkapuhaltimen. Esimerkkinä hissikuljetin kauhan irtoaminen: Aluksi hissikuljetin toimi heikentyneellä toiminnallisella tasolla, mutta jossain vaiheessa irronnut kauha tukki hissikuljetin.

Vian vaikutukset ja seuraukset on esitetty liitteessä 2. Arvioitaessa vikaa on käytetty lyhenteitä H (heikentää toiminnallista tasoa), P (pysäyttää hiekkapuhaltimen toiminnan) ja L (ei täytä Teknikum Suzhoun laatukriteerejä), jotka kuvaavat vian vaikutusta hiekkapuhaltimen toimintaan.

Osa vikamuodoista ei ollut käyttöhenkilöstön havaittavissa normaalissa käytössä, koska ne olisivat vaatineet koneen avaamisen. Tällaisia vikamuotoja olivat esimerkiksi hissikuljetin kunto tai suodattimien tukkeutuminen.

Piilevät viat

Keskusteltassani Yaon ja Songin kanssa vikamuodoista kysyin samalla myös toiminnon piilevästä vikaantumisesta. Piilevä vikaantuminen ei ollut heille tuttu käsite, joten selvitin käsitettä parin esimerkin avulla:

- Piirtoheittimessä on yleensä kaksi lamppua, josta käytetään vain toista. Ensimmäisen lampun rikkouduttua otetaan käyttöön varalamppu. Mikäli myös varalamppu on rikki, syntyy yhteisvikaantuminen, josta seuraa toiminnallinen vikaantuminen
- Tulipalon sattuessa palovaroittimen tulisi reagoida savuun ja hälyttää. Mikäli palovaroitin ei reagoi savuun, syntyy taas yhteisvikaantuminen (tulipalo sekä palovaroittimen vikaantuminen).

Ensimmäinen esimerkki kuvasi toiminnon kahdennusta ja jälkimmäinen suojalaitteen vikaantumista. Toiminnon piilevä vikaantuminen liittyy usein juuri vara- tai suojalaitteiden toimintaan. Esimerkkien avulla Yaon ja Song ymmärsivät, mitä piilevyydellä halusin selvittää. Q376 -hiekkapuhaltimessa ei ollut vara-laitteita, jotka voisivat johtaa piilevään vikaantumiseen. Suojalaitteita oli ja ne sijaitsivat sähkökaapissa. Niiden toimintaideana oli kytkeä johdin irti ohjainyksiköstä mahdollisen virtapiikin tultua, jotta ohjainyksikkö ei vaurioituisi.

Kohteen korjaukseen vaikuttavat tekijät

Teknikum Suzhoun kunnossapito tekee päivävuoroa aina arkipäivisin. Kunnossapidon sijaitessa samassa rakennuksessa odotusaika on lyhyt, jos kone rikkoutuu. Mikäli vikaantuminen tapahtuu yövuorolla, niin yleinen käytäntö on odottaa aamuun, jolloin Yao saapuu vuoroon ja korjaa vian. Yleisimpiin vikoihin löytyivät varaosat paikalliselta, mutta harvinaisempia osia täytyi lähteä hakemaan paikalliselta ”romutorilta”. Romutori käsittää tietyn alueen Suzhoussa, jossa myydään työkaluja, varaosia ym. tavaroita laidasta laitaan. Länsimainen varaosa- ja työkalukauppa ei ole vielä levinnyt Kiinassa, joten tämän vuoksi suositaan romutoreja. Nimestä huolimatta, romutori on varsin laadukas paikka etsiä tarvittavia tavaroita, jos vain tietää, mitä haluaa. Riippuen haettavasta osasta haku kestää noin 2 - 3 tuntia.

10 TOIMENPITEIDEN VALINTA SEKÄ TOIMINNALLISEN TASON LUOMINEN

RCM-menetelmää systemaattisesti käyttäen mietittäisiin kohteelle seuraavaksi ennakoidut kunnossapitotoimenpiteet. Valinnassa täytyi miettiä oliko se teknisesti tai taloudellisesti järkevää toteuttaa. Kunnossapitotoimenpiteen tavoitteena on joko pidentää vikaantumisaikaa (MTTF) tai lyhentää vian korjausaikaa (MTTR). Käytettävyyss-laskenta huomioi juuri nämä tekijät, joten mahdollinen käytettävyyden parantuminen oli helppo kohdistaa tehdylle kunnossapitotoimenpiteelle.

Yleensä ennakoivia kunnossapitotoimenpiteitä mietitään melko pitkälle aikavälille. Esimerkiksi suodatin tulee vaihtaa vuoden välein aina tammikuun ensimmäisessä huoltoseisokissa. Kohteena hiekkapuhallin on kunnossapidollisesti haastava, koska oikein toimiessaankin sitä tulee korjata päivän, parin välein. Syy tähän on osien voimakas kuluminen. Voimakkaan kulumisen johdosta, en ajatellut ennakoivia kunnossapitotoimenpiteitä kovin pitkälle, koska halusin ensin saada lukuisat vikakorjaukset kuriin. Toinen merkittävä tekijä on, että pitkälle aikavälille suunnitellut ennakoivat kunnossapitotoimenpiteet vaatisivat hyvän vikahistorian ja tässä tapauksessa sitä ei ollut.

Longcheng Q376 -hiekkapuhaltimen toimintaa ja vikaantumisia seuratessa mieleen tuli muutamia toimenpiteitä, joiden uskoin pienentävän vikaantumisten määrää, kestoa tai korjausaikaa. Vikahistorian keräys ja RCM:n runko vahvistivat myös sen, että vikaantumiset kohdistuivat yleensä muutamaa tiettyyn kohteeseen ja vikamuotoon. Toinen tärkeä syy miettiä toimenpiteitä ja täten parempaa käytettävyyttä oli se, että mielestäni on aivan turha miettiä hiekkapuhaltimelle minkäänlaista käyttäjäkeskeistä kunnossapittoa, ennen kuin se toimii hyvin tai kiitettävästi. Tällä ”toiminnalla” tarkoitetaan toiminnallisen tason luontia, missä hiekkapuhaltimen käytettävyys olisi yli 90 %.

10.1 Ennakoivan kunnossapidon jako

Ennakoivat kunnossapitotoimenpiteet jakaantuivat tarkastuksiin ja kunnonvalvontaan. Tarkoitus ennakoivilla kunnossapitotoimenpiteillä oli löytää alkanut vika tarpeeksi ajoissa, jotta se voitiin korjata ennen sen vikaannuttua täysin.

Tarkastukset olivat kaikista yleisin ennakoiva kunnossapitomuoto Q376 -hiekkapuhaltimelle, koska ne olivat teknisesti ja taloudellisesti helpoin toteuttaa. Tarkastuksia miettiessä täytyi huomioida oliko operaattorilla vaadittavia taitoja toteuttaa tarkastusta vai täytyikö se jättää kunnossapidolle. Myös työturvallisuusseikat täytyi huomioida. Taulukko 5 esittää hiekkapuhaltimelle suunnitellut tarkastustoimenpiteet.

TAULUKKO 5. RCM:n mukaiset tarkastustoimenpiteet

Vikamuoto	Vikamuoto-ID
Suojalevy kulunut puhki	2.5
Siipi kulunut tai irronnut	2.6
"Ruuvit" kuluneet	3.2
Käyttöketju kulunut	3.3/4.6
Kauhat löysällä	4.1
Kauhat irronneet	4.2
Hissikuljettimen hihna löysällä	4.4
Kuluneet suojakumit kaapissa	6.4
Järjestelmä vuotaa hionta-ainetta	5.3
Erotin kulunut puhki	5.5
Hiontakaapista vuotaa hionta-ainetta	6.5

Kunnonvalvontatoimenpiteet olivat myös yleisiä. Kunnonvalvontatoimenpiteellä tässä yhteydessä tarkoitetaan käyttömoottorin värähtelyjen mittaamista kunnonvalvontamittarilla tai ilmavirtausten mittaamista manometrillä. Ongelmana näissä mittauksissa oli se, että ensin täytyi hankkia mittalaitteet, tehdä niille asennuspisteet, opetella niiden käyttö ja tämän jälkeen opettaa laitteiden käyttö Yaolle. Taulukko 6 esittää hiekkapuhaltimelle suunnitellut kunnonvalvontatoimenpiteet.

TAULUKKO 6. RCM:n mukaiset kunnonvalvontatoimenpiteet

Vikamuoto	Vikamuoto-ID
Puhallinyksikkö värähtelee	2.1
Moottorin laakerivaurio	2.2
Puhallin epätasapainossa	2.3
Puhallin väljästi kiinni (vällys)	2.4
Alipainepuhallin pyörii liian hitaasti	5.2
Suodattimet ovat tukossa	5.4
Pneumatiikkajakokeskus vuotaa	6.3

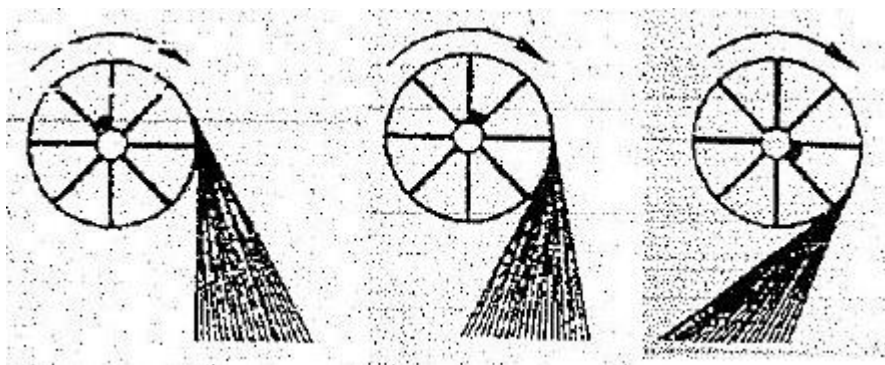
10.2 Vaihtoehtoiset toimenpiteet

RCM:n mukaiset vaihtoehtoiset toimenpiteet jakaantuivat, RTF:n (vian salliminen/ ajetaan vikaan) ja FF:n (vian etsintä) kesken. RTF-toimenpide valittiin, kun vikamuodolle ei löytynyt teknisesti ja taloudellisesti mitään järkevää toimenpidettä. On huomioitava, että useat RTF-vikamuodot eivät pääse tapahtumaan, mikäli ennakoivat kunnossapitotoimenpiteet tehdään ajallaan ja säännöllisesti.

TAULUKKO 7. RTF-toimenpiteet

Vikamuoto	Vikamuoto-ID
Syöttöluukku ei avaudu	1.1
Pneumatiikkajärjestelmä ei tuota painetta	1.2/6.2
Ruuvikuljetin jumissa	3.1
Hissikuljetin hihna katki	4.3
Hissikuljetin jumiutunut	4.5
Alipainepuhallin ei pyöri	5.1
PLC ei anna käskyä sulkea ovia	6.1
Pyörrepuhallin tukossa	5.6

FF-toimenpiteitä (vian etsintä) löytyi kahdelle vikamuodolle: hionta-aineen pudotuskohta väärä (1.3) sekä hot spot suunnattu väärin (2.7). Nämä vikamuodot kulkevat pitkälti käsi kädessä, kun hionta-aineen pudotuskohta on väärä, se vaikuttaa välittömästi hot spotin suuntaan. Kuvio 16 esittää hionta-aineen pudotuskohdan vaikutuksen hot spotiin.



KUVIO 15. Pudotuskohdan vaikutus hot spotiin

Jos hot spot on väärä, se aiheutti suojalevyjen kohtuutonta kulumista, koska suihku osui suoraan niihin. Toinen merkittävä asia oli, että kun hot spot-suihku oli väärä, puhallettavat metallilevyt eivät saaneet tarpeeksi laadukkaita osumia, jolloin ne eivät täyttäneet Teknikum Suzhoun laatukriteerejä.

Ratkaisuksi hot spotin sijaintiongelmii löytyi metallilevy, joka aina tarvittaessa asetettiin hionta-kaapin sisälle. Hot spot testausta ei tehty turhaan, vaan ainoastaan silloin, kun puhallettavien levyjen laatu ei ollut riittävä. Testiä tehdessä puhaltimia ajettiin erikseen tai yhdessä, jolloin saatiin selvitettyä, mihin suihku todellisuudessa osui. Suihkun osumakohtaa voitiin tarvittaessa säätää muuttamalla pudotuskohdan sijaintia.

10.3 Muut toimenpiteet

Muut toimenpiteet koostuivat pääosin hankinnoista. Esimerkiksi värähtelymittari tuli hankkia, jotta pystyttiin tekemään kunnanvalvontamittauksia. Näiden toimenpiteiden tarkoituksena oli parantaa toiminnallista tasoa ja tätä myöten käytettävyyttä.

Työkalut

Kunnossapidolle kaiken A ja O ovat kunnolliset työkalut. Kunnollisilla työkaluilla vian korjaus sujuu nopeammin (pienentää MTTR:ää) ja työn jälki on laadukkaampaa. Tutkin, mitkä ovat yleisimmät työkalut hiekkapuhaltimen kanssa työskenneltäessä. Tämän jälkeen tilattiin laadukkaat työkalut hiekkapuhaltimelle. Ideana oli laittaa työka-

lukaappi hiekkapuhallinhuoneen viereen, jotta vian sattuessa työkalut ovat nopeasti saatavana.

Värähtelymittari

Ennakoivat kunnossapitotehtävät käyttömoottoreille tuli suorittaa kunnonvalvontamittarilla, jolla mitattiin värähtelyjä. Värähtely tuli puhaltimen roottorista, jonka värähtely johtui pääosin hionta-aineesta. Teknikum Suzhoulla ei ollut aiemmin värähtelymittaria, joten se täytyi tilata. Ideana oli, että aluksi tutustun mittarin toimintaan ja harjoittelen sen käyttöä, minkä jälkeen opetan mittaamisen ja tulosten analysoinnin Yaolle. Opetuksen pohjana käytin opinnoissa opittuja taitoja ja PSK:n standardeja. Värähtelymittauksia tehdessä ja analysoitaessa täytyi huomioida varsin ”karkea” taso. Esimerkiksi epätasapainoa mitattaessa ei mietitty, onko kohteessa epätasapainoa vaan kuinka paljon siinä on epätasapainoa.

Lian hallinta

Tärkeä osa 5S-teorian mukaista toimintaympäristöä on se, että hiekkapuhallin sekä sen toimintaympäristö ovat siistit. Hiekkapuhallinkone sotkee helposti toimintaympäristön toimiessaan, koska siitä tippuu paljon pölyä ja hionta-ainetta. Erityisesti pöly pudotessaan pölysi paljon. Syy siihen oli, että se pääsi putoamaan vapaasti avonaiseen keräysastiaan, jolloin se sotki ympäristön. Käytettävillä siivousvälineillä ympäristön siivous oli hidasta ja vaikeaa.

Toimintaympäristöön siisteyttä voitiin parantaa joko vähentämällä lian lähteitä tai parantamalla siivousta. Siivous toteutettiin harjalla ja rikkalapiolla, jolloin ei päästy kovin siisteihin tuloksiin. Tuloksiin ei ollut mielestäni pääsyä ilman toimivaa teollisuusimuria, jolla kohteiden puhdistaminen olisi nopeaa ja tehokasta. Johtuen hionta-aineen kuluttavasta ominaisuudesta, monet imurit eivät olleet käyttökelpoisia, johtuen niiden nopeasti loppuun kulumisesta. Testasin hiekkapuhaltimen toimintaympäristössä erilaisia teollisuusimureita, mutta ne eivät osoittautuneet riittävän tehokkaiksi ja laadukkaiksi.

Helpoin tapa vähentää pölyä, oli muuttaa avonaiset keräysastiat suljettuihin, jolloin pöly ei pääse pölyämään. Mittasin kohteet ja rakensin uudet kiinteämmät keräysastiat, joilla minimoidaan lian leviäminen. Kuvio 17 esittää keräysastiaa avonaisena ja suljettuna.



KUVIO 16. Lian hallinta

Uudet suojalevyt

Kertynyt vikahistoria osoitti, että puhallinyksiköissä olevat suojalevyt kuluivat säännöllisesti ja useasti. Longcheng Q376 -toimittajan vieraillessa Teknikum Suzhoulla kysyin, onko olemassa parempilaatuisia suojalevyjä. Toimittaja lupasi toimittaa parempilaatuiset ja kestävämmät suojalevyt. Uusien suojalevyjen käyttö osoitti, että ne kestävät paljon kauemmin, kuin alkuperäiset suojalevyt.

Suojalevyjen parempaa kestävyyttä koitettiin myös pinnoittamalla kulunut suojalevy kumilla. Toimiessaan se olisi ollut kustannustehokas tapa toimia, koska levyt voitiin pinnoittaa Teknikum Suzhoun tiloissa aina uudelleen. Kokeilu ei ollut onnistunut, koska kumipinta irtosi nopeasti ja lopulta koko levy halkesi.

Paine-erotin ja virtausmittari

Teknikum Suzhoulle hankittiin virtaus- sekä paine-eromittarit. Mittareiden tarkoituksena on mitata, ilmavirtausta ja paine-eroa hiekkapuhallinjärjestelmässä. Mittarit

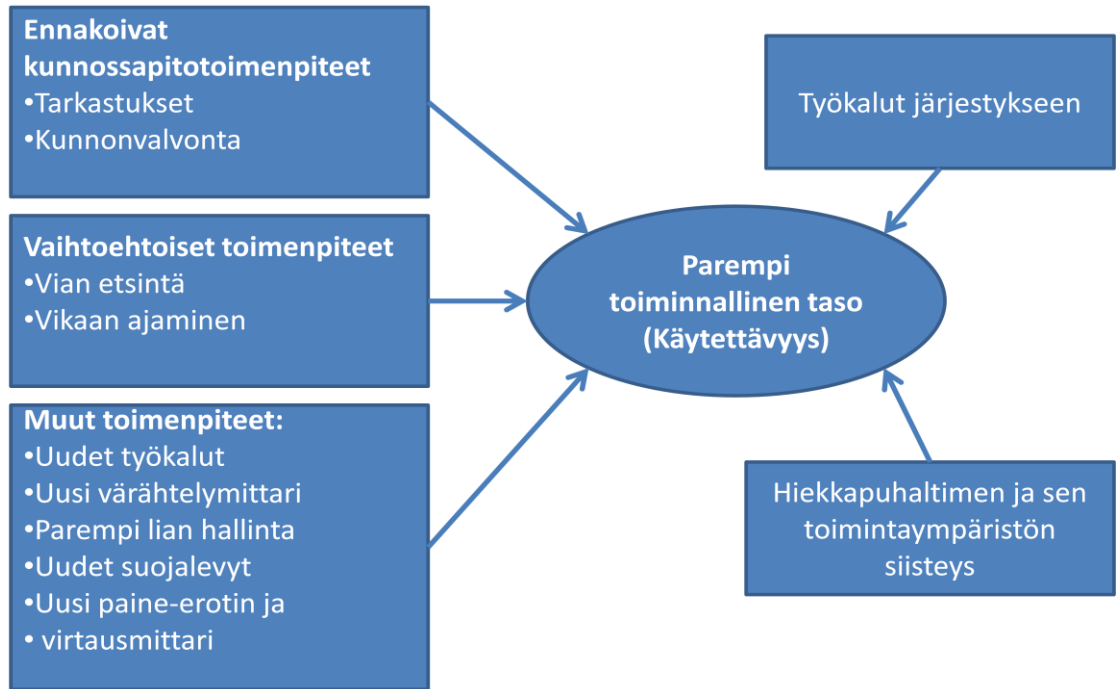
sijoitettiin ennen suodatinyksikköä, jotta pystyttiin mittaamaan suodattimen toiminta. Mikäli suodatin tukkeutui, niin mittareiden tuli havaita se pienentyneenä ilmavirtauksena ja paine-erona. Mikäli tuloksista saataisiin luotettavia, niin aikataulutetut suodattimen puhdistusoperaattorit voitaisiin korvata mittareiden ”lukemisella”. Tämä mahdollistaisi sen, että suodatinyksikköä ei tarvitsisi puhdistaa niin usein, jolloin ajoaikaa jäisi enemmän.

Sähköjohtojen holkitus

Kerätty vikahistoria osoitti useita ongelmia PLC:ssä (Programmed logic controller, ohjelmoitava logiikka). Suurin osa vioista johtui sähköjohtojen huonosta liitoksesta PLC:ssä. Ratkaisuna ongelmiin mietittiin sähköjohtojen päiden holkitusta, missä johtojen päähän puristetaan holkki. Toimenpide tehtiin 20.5.2012.

10.4 Toiminnallisen tason luonti

Toiminnallisen tason luonti oli enemmänkin RCM-vetoisten teknisten toimenpiteiden käyttöönottoa kuin TPM:n 5S-pohjainen lähestymistapa, jossa luotaisiin kohteelle optimaaliset toimintaolosuhteet. Syy tähän oli se, että hiekkapuhaltimelle ja sen toimintaympäristölle oli erittäin vaikea luoda 5S:n mukaiset optimaaliset toimintaolosuhteet. Toinen syy oli, että uskoin RCM-pohjaisten teknisten toimenpiteiden olevan hyödyllisempiä toiminnallisen tason parantamiselle. Toiminnallista tasoa mitattiin ennen kaikkea käytettävyydellä. Kuvio 17 esittää toimenpiteet paremman toiminnallisen tason saavuttamiseksi.



KUVIO 17. Keinot parempaan toiminnalliseen tasoon

11 KÄYTTÄJÄKESKEINEN KUNNOSSAPITOSUUNNITELMAN IDEOINTI

11.1 Toimenpiteiden tarkoitus

RCM:n, vikahistorian ja toiminnallisen tason luomisen jälkeen vuorossa oli varsinainen tutkimustehtävä, *käyttäjäkeskeisen kunnossapitosuunnitelman* suunnittelu.

Suunnitelman ja siitä seuranneiden toimenpiteiden päällimmäinen tarkoitus on tarkastaa ja seurata hiekkapuhaltimen toimintaa. Tarkoituksena on löytää alkanut vika tarpeeksi ajoissa ja tämän jälkeen korjata se itse tai ilmoittaa siitä kunnossapidolle. Toiminta kasvattaa ODR-teorian mukaisesti operaattoreiden vastuuta ja pienentää kunnossapidon kuormitusta, jolloin kunnossapidolle jää enemmän aikaa kehittää toimintaa.

11.2 Toimenpiteiden rajaaminen kunnossapidon ja operaattoreiden kesken

Erona opinnäytetyöni aiheeseen käyttäjäkeskeiseen kunnossapitosuunnitelmaan, mietin toimenpiteitä myös kunnossapidolle. Tarkoitus olisi, että kunnossapito tekee aluksi kunnossapitotoimenpiteitä ja samalla operaattorit oppisivat, kuinka ne tehdään. Tämän jälkeen heillä olisi osaaminen tehdä nämä toimenpiteet itsenäisesti. Yksistään käyttäjäkeskeisillä toimenpiteillä ei olisi päästy asettamaani käytettävyyssuhteeseen (yli 90 %) ja tämän vuoksi täytyi miettiä myös muita toimenpiteitä, joka sisälsi myös kunnossapidon toimenpiteet. Pelkkä käyttäjäkeskeisen kunnossapidon käyttö olisi tuntunut pelkältä pintaraapaisulta, koska kertynyt vikahistoria ja RCM osoittivat monta sellaista vikamuotoa, joille täytyi miettiä muu kuin käyttäjäkeskeisen toimenpide.

Monet toimenpiteet olivat vielä teknisesti liian vaikeita operaattoreiden toteuttavaksi, koska ne vaativat syvempää teknistä ymmärrystä kohteesta, jota heillä ei vielä ollut. Mikäli käyttäjille sekä kunnossapidolle tekemäni suunnitelman käyttöönotto ja toteutus sujuu suunnitelmallisesti, niin operaattorit oppivat kunnossapidolta näistä toimenpiteistä ja heille tulisi kyky suorittaa niitä.

Toimenpiteitä miettiessä täytyi ymmärtää, mille vikamuodolle toimenpide kohdistuu. Ilman tarkkaa kohdistusta toimenpiteen tekijälle voisi syntyä mielikuva ”hällävälitarkastuksesta”, josta ei ole mitään hyötyä. Tehtävät on jaoteltu operaattoreiden sekä kunnossapidon kesken. Taulukko 8 esittää toimenpiteet operaattoreille ja taulukko 9 kunnossapidolle.

TAULUKKO 8. Toimenpiteet operaattoreille

Operaattorit		
Kunnossapitotoimenpide	Vikamuoto	Vikamuoto-ID
Suojakumien kulumisen seuraaminen	Kuluneet suojakumit kaapissa	6.4
	Hiontakaapista vuotaa hionta-ainetta	6.5
Mahdollisten vuotojen seurauus	Hiontakaapista vuotaa hionta-ainetta	6.5
	Kuluneet kumit kaapissa	6.4
	Järjestelmä vuotaa hionta-ainetta	5.3
	Syöttöluukku ei avaudu	1.1
Kuunnella tuleeko hiekkapuhaltimesta epänormaalia ääntä	Kaikki Vikamuodot	
Tarkistaa suojalevyn kunto	Suojalevy kulunut puhki	2.5
Tarkistaa siipien ja pyörän kunto	Siipi kulunut tai irronnut	2.6
Pyörresuodattimen hakkaus	Pyörrepuhallin tukkeutunut	5.6
Suodatinyksikön puhdistus	Suodattimet ovat tukossa	5.4
Siivota kone ja sen ympäristö	Kaikki Vikamuodot	

TAULUKKO 9. Toimenpiteet kunnossapidolle

Kunnossapito		
Kunnossapitotoimenpide	Vikamuoto	Vikamuoto-ID
Hihnakuljettimen kunnontarkistus	Kauhat löysällä	4.1
	Kauhat irronneet	4.2
	Hissikuljettimen hihna katki	4.3
	Hissikuljettimen hihna löysällä	4.4
	Hissikuljetin jumiutunut	4.5
Ruuvikuljettimen kunnontarkistus	"Ruuvit" kuluneet	3.2
	Ruuvikuljetin jumissa	3.1
Pneumatiikka jakokeskuksen tarkistus	Pneumatiikka järjestelmä vuotaa	6.3
	Pneumatiikka järjestelmä ei tuota painetta	1.2/6.2
Erottimen tarkistus	Järjestelmä vuotaa hionta-ainetta	5.3
	Eroin kulunut puhki	5.5
Paine-erottimien tarkitus	Alipainepuhallin pyörii liian hitaasti	5.2
	Suodattimet ovat tukossa	5.4
	Pneumatiikka järjestelmä vuotaa	6.3
	Syöttöluukku ei avaudu	1.1
	Alipainepuhallin ei pyöri	5.1
	Pyörrepuhallin tukkeutunut	5.6
Värähtelymittaus käyttömoottoreille	Puhallinyksikkö värähtelee	2.1
	Moottorin laakerivaurio	2.2
	Puhallin epätasapainossa	2.3
	Puhallin väljästi kiinni (vällys)	2.4
Hot spot-testaus	Hionta-aineen pudotuskohta väärä	1.3
	Hot spot suunnattu väärin	2.7

11.3 Työturvallisuus

Työturvallisuus täytyi ottaa huomioon jokaista toimenpidettä miettiessä, koska huolimaton toiminta hiekkapuhaltimen kanssa tai sen toimintaympäristössä voi aiheuttaa työtapaturman. Työturvallisuuden kannalta tärkein huomioitava asia on, että henkilö ei mene hiontakaappiin suorittamaan toimenpiteitä ilman, että koneesta sammutetaan virta ja tämän jälkeen irrotetaan avain. Normaalisti pelkkä virran sammuttaminen riittäisi, mutta luottamus kiinalaiseen laatuun ei vakuuta, joten myös avain otetaan pois. Avaimen poistaminen estää myös sen, että kukaan ei pysty va-

hingossa kytkemään virtaa toimenpiteiden ollessa käynnissä. Mikäli henkilö olisi hiontakeapissa suorittamassa toimenpiteitä ja puhallin yhtäkkiä käynnistyi, niin hän ei pääsisi sieltä pois. Kovaa ammuttu hionta-aine aiheuttaisi henkilölle todellisen hengenvaaran.

Hionta-aine ja siitä syntyvä pöly ei ole terveellistä hengitettäväksi. Hiekkapuhaltimen toimiessa tulee välttää puhallinhuoneeseen menemistä. Mikäli huoneeseen menee, tulee käyttää hengityssuojainta. Muita vaadittavia suojavälineitä ovat suojalasit sekä työhanskat.

12 TULOKSET JA NIIDEN ARVIOINTI

12.1 Kyselyn tulokset

31.5.2012 tehdyn kyselyn pohjalta hiekkapuhalluskoneen operaattorit ja kunnossapito tuntevat hiekkapuhalluskoneen toiminnan hyvin tai kiitettävästi. Heillä on myös mielenkiintoa tehdä erinäisiä tarkastuksia, puhdistuksia ja raportointia, jotta kone toimisi paremmin. Ongelmana kyselyssä oli vastaajien pieni lukumäärä (3 kpl). Minulle tuli myös tunne, että he vastasivat ”haluamallani tavalla” eli olivat kiinnostuneita ja motivoituneita koneen toiminnasta ja mahdollisista lisätöistä. Syyksi vastausten laatuun ajattelin kulttuurieroja, koska en usko heidän tekevän mielellään yhtään mitään työtä ilman, että se näkyisi palkassa. Tämän vuoksi suhtauduin kyselyn tuloksiin tietyin varauksin.

12.2 Vikahistoria

Vikahistorian keräys

Vikahistorian kerääminen on mielestäni opinnäytetyöni suurimpia ansioita. Keräys osoitti sen, että onnistunut vikahistorian kirjaus ei tarvitse taakseen monimutkaisia toiminnanohjausjärjestelmiä, vaan se voidaan hoitaa ansiokkaasti pelkällä kynällä, paperilla ja Excelillä. Kaikesta huolimatta kertynyttä vikahistoriaa täytyi tarkastella

kriittisesti, koska kaikki viikot eivät hiekkapuhaltimen käytön kannalta olleet yhdenmukaisia. Toinen huomioitava asia oli, että vian sattuessa korjattiin varsinainen vika ja samalla jokin muu havaittu vika, mikäli sellainen löytyi. Tehdyt korjaustoimenpiteet kirjattiin hyvin, mutta aina ei muistettu erotella eri vikojen korjauksiin kulunutta aikaa. Vikahistorian kirjaukset ja RCM:n kohteiden nimet eivät olleet täysin samoja, koska viat kirjoitettiin yleensä ”kansanomaisesti”. Tämä ei tuottanut ongelmaa, koska ne oli helppo ymmärtää ja täten huomioida RCM:n teossa.

Kertyneen vikahistorian tulokset

Tarkastelujaksoja (torstaiaamusta seuraavan viikon torstaiaamuun) kertyi opinnäytetyön tekemisen aikana Kiinassa kymmenen kappaletta. Kerätty vikahistoria hyödytti RCM:n tekemistä ja samalla se myös vahvisti uskoani RCM-pohjaiseen toteutukseen, koska kertyneet viat olivat pitkälti samoja, mitä vikamuotojen mietinnässä tuli esille. Kirjattuja vikoja näiden kymmenen viikon aikana kertyi yhteensä 67 kappaletta. Liitteessä 3 on esitetty kertyneet viat lukumäärineen. Huomioitavaa on, että liki 60 % vikaantumisista kohdistui kolmelle eri kohteelle:

- 7 kappaletta PLC:lle (Programmed logic controller, ohjelmoitava logiikka)
- 10 kappaletta suojakumeille
- 21 kappaletta suojalevyille.

Käytettävyyden mittarointi

Mittarointi toteutettiin aiemmin esitellyn teorian mukaisesti, jossa MTTR:n ja MTTF:n avulla saatiin laskettua käytettävyys. RCM:n mukaisten toimenpiteiden ja toiminnallisen tason tavoitteina oli pienentää MTTR:ää ja pidentää MTTF:ää, jolloin käytettävyys paranisi. Käytettävyydellä mitattuna tavoitteissa onnistuttiin kiitettävästi ja samalla käytettävyys saatiin nostettua yli tavoiterajan (90 %). Huomioitavia tekijöitä käytettävyyden parantumisessa oli sähkökaapin sähköjohtojen holkitus (tehty viikolla 20) sekä vanhojen suojalevyjen vaihto kovempilaatuiseen materiaaliin (viikosta 21 lähtien uudet suojalevyt käytössä). Liite 4 havainnollistaa käytettävyyden kehityksen.

12.3 RCM-runko

Toiminnot ja toiminnalliset viat

Mielestäni toimintojen määrittäminen sujui hyvin, koska sain rajattua kuusi päätoimintoa, joiden ympärille RCM-tarkastelu tuli rakentumaan. Q376 -hiekkapuhaltimen toimintaprosessiin tutustuminen oli melko työlästä, koska hiekkapuhallin laitteena oli minulle täysin tuntematon. Ilman kunnollista toimintaprosessiin ja toimintoihin tutustumista RCM:n seuraavat vaiheet olisivat olleet todella vaikeat ja lähes mahdottomat toteuttaa. Hiekkapuhaltimen toimintoihin liittyvät toiminnalliset rajat oli vaikea määrittää, koska tietoa rajoista ei ollut paljoa tarjolla. Tämä heijastui myös toiminnallisiin vikoihin, joiden tuoma lisäarvo opinnäytetyölle ei ollut mielestäni merkittävä.

Vikamuodot

Vikamuotojen keräys ja analysointi sujuivat mielestäni hyvin, koska se oli prosessina monivaiheinen ja otti useamman ihmisen mielipiteet huomioon. Vikamuotojen valinnan uskon kohdistuneen juuri niihin vikoihin, joita hiekkapuhaltimessa havaittiin ja tullaan havaitsemaan. Tämän vuoksi olin tyytyväinen vikamuotojen tuloksiin. Tästä huolimatta alussa mietityt vikamuodot eivät kattaneet kaikkia vikoja ja ajan vika historian kertyessä ilmeni myös uusia vikoja. Ilmenneet vikamuodot huomioitiin ja lisättiin RCM-tarkasteluun. Esimerkkinä uudesta vikaantumisesta oli hionta-aineen erottimen vikaantuminen.

Vian vaikutukset ja seuraukset

Vian vaikutusten ja seurausten miettiminen oli siinä mielessä helppoa, että hiekkapuhaltimen toimiessa ja vikaantuessa suoranaista vaaraa ympäristölle ja ihmisille ei ole. Vian vaikutuksia ja seurauksia mietin Yaon sekä Songin kanssa ja tämä keskustelu toi mielestäni laatua ja syvyyttä analysointiin.

12.4 Toimenpiteet

Ennakoivat kunnossapitotoimenpiteet

Ennakoivia kunnossapitotoimenpiteitä ei vielä saatu käytäntöön, koska ne ovat osa käyttäjäkeskeistä kunnossapitosuunnitelmaa ja suunnitelman käyttöönotto rajattiin opinnäytetyön ulkopuolelle. Uskon tarkastusten oikein ja ajallaan tehtyinä olevan tehokas tapa ehkäistä vikaantumista, koska silloin jo alkanut vika on vielä mahdollista korjata ennen totaalista rikkoutumista. Kunnonvalvontatoimenpiteiden hyötyä voidaan pitää pienenä kysymysmerkinä, koska se on toimintamallina täysin vieras.

Vaihtoehtoiset kunnossapitotoimenpiteet

Vaihtoehtoiset kunnossapitotoimenpiteet koostuivat vian etsinnästä (FF) sekä vikaan ajamisesta (RTF). Vianetsinnästä ei ollut minun ajaltani kokemusta, mutta uskon sen olevan nopea ja tehokas tapa selvittää onko hionta-aineen pudotuskohta ja tästä johtuva hot spotin-suuntaus väärä. RTF-toimenpiteet valittiin, jos kohteelle ei löytynyt taloudellisesti ja teknisesti järkevää ratkaisua. RTF ei ole itsetarkoitus vaan esimerkiksi tarkastuksilla pyritään estämään kohteen vikaantumisen synty.

Muut toimenpiteet

Muut toimenpiteet koostuivat ennen kaikkea hankinnoista, jotka tähtäsivät parempaan käytettävyyteen ja täten toiminnalliseen tasoon. Toimenpiteitä olivat:

- **Työkalujen hankinta.** Työkalut eivät saapuneet minun aikanani, joten niiden tuoma hyöty ei ole tiedossa.
- **Uusi värähtelymittari** tuli heinäkuun alussa. Mittarin hankinta oli siinä mielessä järkevää, että sitä pystyi käyttämään useaan Teknikum Suzhoun koneeseen. Värähtelymittarin käyttö sisällytettiin käyttäjäkeskeiseen kunnossapitosuunnitelmaan, joten sen tuomista tuloksista ei ole vielä tietoa.
- **Lian hallinnan** kehittäminen osoittautui todella vaikeaksi, koska toimivaa teollisuusimuria monista kokeiluista huolimatta ei löytynyt. Tämän vuoksi ainut keino oli minimoida lianlähteitä. Tämä toteutettiin rakentamalla hionta-aineen poistoastioihin kansi, jonka idea oli estää hionta-ainetta pölyämästä. Kansi ei ratkaissut likaongelmaa, mutta vähensi pölyn leviämistä.

- **Uudet suojalevyt** osoittautuivat heti toimiviksi, mistä osoituksena käytettävyyden parantaminen (viikosta 21 eteenpäin).
- **Paine-erottimen ja virtausmittarin** hankinta. Paine-erotinta ei koskaan asennettu hikkapuhaltimeen. Virtausmittarille tehtiin paikka, jossa sillä voi mitata ilmavirran määrän. Virtausmittarin seuraaminen on osa käyttäjäkeskeistä kunnossapitosuunnitelmaa, joten sen tuomista tuloksista ei ole vielä tietoa. Parhaassa tapauksessa mittarista voidaan tulkita suodattimen tukkeutuminen. Tässä tapauksessa aikaan perustuvat suodattimen puhdistukset voidaan lopettaa, jolloin saataisiin enemmän tuotantoa.
- **Sähköjohtojen holkitus** oli suojalevyjen ohella toinen toimenpide, joka vaikutti suoraan käytettävyyden paranemiseen. Toimenpiteen jälkeen PLC:ssä olleet ongelmat vähenivät.

12.5 Toiminnallinen taso

Toiminnallisen tason luominen oli vaikeata ja mielestäni siihen päästiin osittain. Tekninen toimintatason luominen onnistui mielestäni hyvin, mutta TPM:n mukainen ei. Tekniset toimenpiteet vähensivät vikaantumisia ja tästä seurasi käytettävyyden parantuminen. TPM:n mukainen toiminnallisen tason parannus ei mielestäni täysin onnistunut. Pääsyy siihen oli, että ei ollut ”työkaluja” toteuttaa 5S:ää. Esimerkiksi 5S:n mukainen siisteys jäi kauaksi haluamastani.

12.6 Käyttäjäkeskeinen kunnossapitosuunnitelma

Varsinainen tutkimusongelma ja opinnäytetyön aihe *käyttäjäkeskeinen kunnossapitosuunnitelma* onnistui mielestäni todella hyvin, vaikka aiheenrajaus ylittyikin. Kunnossapitosuunnitelmat (operaattoreille sekä kunnossapidolle) huomioivat vikahistorian sekä RCM:n, joten uskon suunnitelmien oikein käytettyinä ehkäisevän tulevat viat. Suunnitelmien tekeminen itsessään ei ollut kovin vaikeaa, mutta vaati paljon taustatyötä, että siihen vaiheeseen päästiin.

Ohjeet tehtiin englanniksi, ja jonka jälkeen Song käänsi ne kiinaksi. Ohjeet sisältävät paljon valokuvia, jotta ne helpottaisivat asioiden ymmärtämistä. Tavoitteena oli pystyä luomaan niin yksiselitteiset ohjeet, että niiden perusteella voi sanoa kohteesta ”ok/ ei ok”. Tässä en onnistunut, koska hiekkapuhallin kului monella eri tavalla ja sille, oli mahdotonta määrittää yksiselitteisiä rajoja onko se ”ok/ei ok”. Esimerkiksi jollekin mittarille olisi määritettävissä yksiselitteiset rajat: mittarinpaine 3 - 5 Baria, jolloin 4 Baria olisi ”ok”.

Toimenpiteet operaattoreille

Toimenpiteitä operaattoreiden toteuttamalle kunnossapitosuunnitelmalle tuli kahdeksan kappaletta, jotka jakaantuivat jatkuvaan ja aikataulutettuun toteutukseen.

Jatkuvaa seuranta vaativat seuraavat kohteet:

- Suojakumien tarkkailu, jonka ideana on tarkkailla hiontakaapin sisällä olevia suojakumeja. Tarkastuksen ideana on huomata ja vaihtaa kuluneet suojakumit uusiin, ennen niiden lopullista kulumista. Ilman suojakumeja hiontakopin metallirunko kuluu kohtuuttomasti.
- Vuotojen etsiminen. Tarkoituksena on seurata onko tuleeko hiekkapuhaltimesta ilma- tai hionta-aine vuotoa. Hionta-aineen vuotaminen aiheuttaa likaantumista sekä täten toiminnallisen tason laskua, joka kasvattaa vikaantumistodennäköisyyttä. Ilmavuoto voi aiheuttaa ongelmia pneumaattisiin toimintasyntereihin, kuten esimerkiksi oven käyttösynteriin.
- Epänormaaleihin ääniin reagointi. Epänormaali ääni ovat signaali vikaantumisesta, jotka nopealla reagoinnilla voidaan minimoida.

Aikataulutetut toimenpiteet jakaantuivat seuraaville kohteille:

- Suojalevyjen tarkastus. Tarkastuksessa tulee kiinnittää huomiota onko levyissä epätavallista kulumista tai halkeamia. Nopealla reagoinnilla voidaan välttää johdannaisvikaantumiset (Liitteessä 5. on otos varsinaisesta suunnitelmasta operaattoreille).
- Puhallinpyörän sekä sen siipien tarkastus, joiden tavoitteena on löytää halkeamat, reiät sekä epänormaali kulumiset. Nopealla reagoinnilla voidaan välttää johdannaisvikaantumiset.

- Pyörresuodattimen tyhjennys lyömällä sen kylkeen. Tarkoituksena on lyödä pyörresuodattimen kylkeen, jotta sen sisälle kertynyt pöly putoaa pois. Pölyn kertyminen aiheuttaa toiminnallisen tason heikkenemistä.
- Suodatinyksikön puhdistus, jonka tarkoituksena on tyhjentää suodatinyksiköt. Mikäli suodatinyksiköt ovat tukossa, niin se vaikuttaa erottimeen heikentämällä sen toiminnallista tasoa.
- Toimintaympäristön siistiminen, minkä tarkoituksena on siistiä hiekkapuhallinkonetta sekä sen toimintaympäristöä. Siistiessä tulee havainnoida koneen mahdollisia halkeamia, vuotoja tai muita rakenteellisia vikoja. ”Siistiminen on paras tapa tehdä tarkastuksia”.

Toimenpiteet kunnossapidolle

Kunnossapidon toimenpiteet ovat hot spot-testausta lukuun ottamatta aikaan perustuvia. Toimenpiteitä muodostui seitsemän kappaletta:

- Hihnakuljettimen kunnontarkistus. Tarkastus toteutetaan avaamalla tarkastusluukku, jonka jälkeen sitä pyöritetään keskittyen hihnaan ja siinä oleviin kauhoihin. Tarkoituksena on löytää löystynyt tai irronnut kauha. Irronnut kauha tukkii hihnakuljettimen, josta seuraa hiekkapuhaltimen pysähtyminen.
- Ruuvikuljettimen kunnan visuaalinen tarkistus. Tarkastuksessa on huomioita onko kuljettimessa halkeamia, ”löysiä” ruuveja tai mitään sinne kuulumaton- ta, kuten esimerkiksi suojalevyn palasia.
- Pneumatiikan jakokeskuksen kunnontarkistus sisältää visuaaliseen tarkastuk- sen suodattimille, ilmaletkuille sekä niiden kiinnitykselle. Tarkastuksen yhtey- dessä tulee kuulostella mahdollisia ilmavuotoja.
- Erottimen tarkistus, missä tulee katsoa sisälle. Tavoitteena on löytää kulumi- sesta aiheutuva reikä. Erottimen vaikeasta rakenteesta johtuen, tarkastus tu- lee suorittaa peilin ja valon kanssa, jotta voidaan nähdä myös paikat, joihin ei suoraan näkisi.
- Ilmavirtauksen mittausta, joka suoritetaan koneen käydessä. Oikein toimies- saan ilmavirtauksen tulee olla (8.5–10.5 m/s). Virtauksen ollessa väärä, se heikentää erottimen toimintaa.

- Värähtelymittaus puhaltimen käyttömooottoreille tehdään ilman hionta-ainetta.
- Hot spot-testaus tehdään, kun puhallettavien metallilevyjen laatu on heikko. Testissä metallilevy asetetaan hiontakaappiin, jonka jälkeen sitä ammutaan noin 10 – 15 sekunnin ajan.

13 POHDINTA

13.1 Toteutuksen ja tulosten tarkastelu

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli luoda käyttäjäkeskeinen kunnossapitosuunnitelma Teknikum Suzhouille. Käyttäjäkeskeinen kunnossapitosuunnitelma tehtiin Longcheng Q376 -hiekkapuhaltimen operaattoreille. Käyttäjäkeskeisen kunnossapitosuunnitelman tarkoituksena on ylläpitää luotua toiminnallista tasoa. Käyttäjäkeskeistä kunnossapitosuunnitelmaa oikein käytettynä pystytään havaitsemaan alkaneet ongelmat ajoissa, jolloin niihin jää tarpeeksi aikaa reagoida. Käyttäjäkeskeisen kunnossapitoteorian mukaisesti tarkoitus on myös kasvattaa operaattoreiden vastuuta koneen tarkastuksista, puhdistuksista, kirjauksista ja pienistä vikakorjauksista, jotta kunnossapidolle jäisi enemmän aikaa kehittää toimintaa.

Koska hiekkapuhallin on uusi, ei ollut tietoa, miten se vikaantuu. Tämän vuoksi täytyi miettiä oikeat tavat selvittää, kuinka se vikaantuu. Vikahistorian keräämisellä saatiin tietoa, mitkä kohteet vikaantuivat, miten ne vikaantuivat ja kuinka usein ne vikaantuivat. Vikahistoriakeräyksen tietopohjana toimi ennen kaikkea opinnoissa opittu teoria, jota täytyi soveltaa opinnäytetyöhön sopivaksi. Vikahistorian keräys mahdollisti käytettävyyden mittaroinnin ja seuraamisen. Työkalut mittarointiin olivat keskimääräinen vikaantumisaika (MTTF) sekä keskimääräinen korjausaika (MTTR). Käytettävyyttä seurattiin aina viikon periodeissa, koska se oli sopivan pitkä aika huomata, mihin suuntaan se oli menossa.

Vikahistoriakeräyksen käynnistyttyä, täytyivät ajatukset suunnata luotettavuuskeskeiseen kunnossapitomenetelmään (RCM). RCM:n idea oli oppia ymmärtämään, kuinka hiekkapuhallin toimi ja vikaantui. RCM-menetelmän tietopohjana toimivat ennen kaikkea opinnoissa opittu teoria sekä useat opinnäytetyöt. RCM:n käyttö ei ollut päämäärä vaan ennen kaikkea työkalu oppia ymmärtämään hiekkapuhaltimen toimintaa ja vikaantumista, mistä johtuen sen käyttö ei ollut täysin ”kurinalaista”. RCM:n tekeminen oli eräänlaista pudotuspeliä alusta loppuun, missä täytyi keskittyä vain kaikista tärkeimpiin toimintoihin ja niiden vikaantumisiin. RCM:n tuloksena voidaan pitää ymmärrystä hiekkapuhaltimen toiminnoista ja vikaantumisista, joiden pohjalta määrytyi ennakoivia kunnossapitotoimenpiteitä, vaihtoehtoisia sekä muita toimenpiteitä. Nämä toimenpiteet toimivat pohjana toiminnalliselle tasolle ja käyttäjakeskeiselle kunnossapitosuunnitelmalle. Kertynyt vikahistoria tuki hyvin RCM:n tekemistä ja tuloksia, koska toteutuneet viat olivat hyvin pitkälti samoja, joita RCM:llä tuli julki. Yaon ja Songin kanssa käyty keskustelu hiekkapuhaltimen vikaantumisesta oli todella tärkeä, koska se antoi paljon ”piilevää tietoa”, jota pelkällä vika-historian keräämisellä ja RCM:llä ei olisi saatu.

RCM:n jälkeen tuli luoda toiminnallinen taso, johon käyttäjakeskeinen kunnossapitosuunnitelma pyrki. Toiminnallisen tason mittarina toimi ennen kaikkea käytettävyyden tavoitetta käytettävyydelle ei määritetty, mutta itse tavoittelin yli 90 %:a. Toiminnallinen taso oli tarkoitus luoda kokonaisvaltaisen tuottavan kunnossapitoteorian (TPM) mukaisesti, joka sisältäisi ennen kaikkea kohteen kunnostamisen, turhien tavaroiden pois viemisen, siistimisen, tarkastamisen ja kunnostamisen. Melko nopeasti selvisi, että TPM:n mukaisen toiminnallisen tason luonti oli todella vaikeaa. Tämä oli monien tekijöitä summa, joista ehkä merkittävin oli, että ei ollut välineitä toteuttaa siisteyttä. Erilaisia teollisuusimureita testattiin, mutta ne eivät toimineet tarpeeksi hyvin toimintaympäristössä, jolloin jäljelle jäi vain harja ja rikkalapio. Syy hiekkapuhaltimen toimintaympäristön likaisuuteen oli toimintaprosessissa syntyvä pöly, jota kertyi joka paikkaan puhallinhuoneessa. Siivoamisen osoittautuessa hankalaksi täytyi miettiä keinoja, joilla lian lähteet voidaan minimoida. Keinoksi tulivat suljetut pölynkeräysastiat, joilla pyrittiin minimoimaan pölyn leviäminen astiasta ympäristöön.

TPM:n mukainen toiminnallinen taso ja tätä myöten käytettävyyden nosto osoittautuivat vaikeaksi toteuttaa, joten täytyi miettiä muita toimenpiteitä, joilla käytettävyys saataisiin nostettua yli 90 %:n. Tällöin toiminnallisen tason luonti muuttui enemmän teknis-painotteiseksi, eli teknisillä toimenpiteillä pyrittiin luomaan toiminnallinen taso. Tehdyt toimenpiteet voitiin yhdistää RCM:n mukaiseen tietoperustaan. Tarvitavat toimenpiteet saatiin selville RCM:stä ja kertyneestä vikahistoriasta, joista oli nähtävissä muutama yleinen ja usein toistuva vika, joille toimenpiteen määrittäminen oli melko helppoa. Esimerkkinä tehdyistä toimenpiteistä toimikoon suojalevyjen vaihtaminen kovempaan materiaaliin sekä ”sähkökaapin” johdonpäiden holkittaminen. Tehdyt toimenpiteet näkyivät välittömästi parantuneena käytettävyytenä.

Henkilökohtaisesti pidän todella merkittävänä tuloksena käytettävyyden parantumisesta ja ennenkaikkea keskimääräisen vikaantumisaajan (MTTF) pidentymistä 7 tunnista 95 tuntiin (ks. liite 4). Tuloksen parantuminen kertoo sen, että asioita on tehty oikein. Keskimääräisen vikaantumisaajan pidentyminen helpottaa tuotannontoteutusta ja tuo ennen kaikkea pelivaraa sen suunnitteluun.

Opinnäytetyön aiheena ollut käyttäjäkeskeinen kunnossapitosuunnitelma kasvoi lopulta operaattoreille tehdyn suunnitelman lisäksi kunnossapidolle tehdyksi suunnitelmaksi. Syy tähän oli, että kertynyt vikahistoria ja RCM osoittivat niin monta vikaa, jotka melko yksinkertaisilla toimenpiteillä voitiin minimoida. Tarkoitus oli, että osa kunnossapidon tekemistä toimenpiteistä siirtyisi tulevaisuudessa operaattoreiden tekemäksi. Käyttäjäkeskeinen sekä kunnossapidolle luotu kunnossapitosuunnitelma huomioivat laajalti RCM:n ja vikahistorian osoittamat viat. Suunnitelmia oikein käyttäen, on hyvät edellytykset päästä luotuun ja tavoitteelliseen toiminnalliseen tasoon (Käytettävyys yli 90 %:a).

13.2 Opinnäytetyön arviointi

Mielestäni opinnäytetyön tavoite saavutettiin hyvin. Työn aihe ei sinänsä ollut vaikea, mutta todella työläs. Lähtötaso opinnäytetyötä aloittaessa ei ollut helpoin mahdollinen, koska ei ollut valmista kunnossapitosuunnitelmaa, mittarointia tai tietoa, miten kohde vikaantuu. Tämän vuoksi täytyi luoda ”työkalut”, joilla tarvittava tieto saatiin kerättyä. Tämä vaati melkoisen määrän työtä ja välillä tuntui, että varsinainen ”punainen lanka”, opinnäytetyön aihe, oli aika kaukana.

Niukka lähtötaso ei ollut ainoa ongelma, sillä myös kiinan kieli aiheutti ongelmia, koska yhteistä säveltä ei aina meinannut löytyä. Välillä kommunikointiin käytettiin puhelimen käännösohjelmia ja joskus taas elekieltä, jotta saatiin selville, mitä toisella oli sanottavana. Työkulttuuri niin kuin muutenkin elämä Kiinassa on täynnä vastoakohtia. Työntekijöitä on laidasta laitaan ja mahdolliset ongelmat saatetaan ratkaista tavoilla, jotka eivät länsimaalaiselle tulisi edes mieleen. Kiinalainen työskulttuuri jaksosi tarjota monia hämmästyksiä, mutta uskon, että sen edes osittainen tunteminen tulee olemaan hyödyllinen myöhemmässä työelämässä.

Opinnäytetyön aihe oli minulle mielekäs, vaikka aiempaa kokemusta siitä ei ollutkaan. Käyttäjäkeskeisestä kunnossapidosta ei juuri puhuttu koulussa, joten aiheeseen tutustuminen vaati paljon itseopiskelua. Opinnäytetyön alussa minulla oli aika heikko tietämys ODR:stä ja siitä, mitä se kattaa. Varsinaisen kunnossapitosuunnitelman puuttuessa minulle tuli välillä olo, että käyttäjäkeskeisen kunnossapitosuunnitelman tulisi toimia varsinaisena kunnossapitosuunnitelmana hiekkapuhaltimelle, mitä sen ei tulisikaan olla.

Tiedonhankinta oli vaikeata, koska minulla ei ollut Kiinassa muuta kuin yksi kunnossapidon oppikirja. Tämän vuoksi tietoperustan etsiminen koostui kurssimateriaaleista, oppikirjasta ja muista opinnäytetöistä. Näistä materiaaleista yritin selvittää aiheiden keskeisimmät aiheet ja tarkoitukset. Tietoperusta oli tarkoitus viimeistellä Suomeen palattuani. Tietoperustan lisäksi sain hyödyllistä tietoa keskusteluista Yaon ja Songin kanssa. Sen sijaan kysely hiekkapuhaltimen operaattoreille ja kunnossapidolle

ei mielestäni tuonut hirveästi lisäarvoa työlleni. Kyselystä tuli käsitys, että he vastasivat, niin kuin olisin heidän halunnut vastaavan. Vikahistorian keräys sujui minusta kiitettävästi ja sain siitä juuri ne tiedot toiminnan pohjaksi, joita halusin. RCM:n kanssa oli aluksi vähän ongelmia, koska minun täytyi oppia ymmärtämään RCM:n olevan apuväline toteuttaa varsinainen lopputulos. Asian ymmärtäminen vei aika paljon aikaa ja esimerkiksi toiminnallisten rajojen miettiminen oli turhauttavaa, koska aluksi mietin asioita liian kattavasti. RCM:n toteutus ei varmasti ollut mikään ”nappisuoritus”, mutta sen antamiin tuloksiin voin olla tyytyväinen – RCM ja vikahistoria antoivat hyvän pohjan käyttäjäkeskeisen kunnossapitosuunnitelman luonnille.

Käyttäjäkeskeisen kunnossapitosuunnitelman tekeminen tuntui aluksi helpolta. Ajan kuluessa käsitys muuttui, koska täytyi huomioida niin montaa eri asiaa. Tällaisia asioita olivat esimerkiksi työturvallisuus, vaikutus tuotantoon, operaattoreiden kyvyt sekä se, mitä toimenpiteellä haluttiin saavuttaa. Tarkoitus oli miettiä yksiselitteiset rajat eri kohteille ”ok/ei ok”, mutta se ei onnistunut. Syy tähän oli se, että hiekkapuhaltimen kuluville osille en pystynyt luomaan mitään yksiselitteistä rajaa onko se ”ok/ei ok”. Esimerkiksi mittarista on helppo katsoa onko paine yli 10 Bar vai ei, mutta kulutuslevystä toteaminen on paljon vaikeampaa, koska se voi kulua monella eri tavalla.

Valmiiseen suunnitelmaan tai paremminkin suunnitelmiin olen tyytyväinen, koska oikein käytettynä ne huomioivat kaikki potentiaaliset vikamuodot, mitä vikahistoria ja RCM osoittivat. Opinnäytetyön aiheilytystä tuli, koska tein myös kunnossapitosuunnitelman kunnossapidolle. Aiheilytystä voi perustella sillä, että olisi ollut hölmöä jättää käyttämättä hyöty, mitä hyvin tehty pohjatyö (vikahistoria ja RCM) mahdollisti. Pelkkä käyttäjäkeskeinen kunnossapitosuunnitelma olisi tuntunut vain pelkältä ”pintaraapaisulta”.

Opinnäytetyön aihe oli hyvä, koska minun täytyi miettiä ja käsitellä montaa eri kunnossapitometodia. Opinnäytetyössä tutuksi tulivat, niin vikahistorian kerääminen, RCM, TPM sekä ODR. Opinnäytetyön tekeminen Kiinassa ei varmasti ollut se helpoin tehtävä ja välillä tuli mietittyäkin, että ”taasko sitä piti lähteä merta edemmäs kaan?”. Näin jälkikäteen mietittynä voi todeta, että kyllä kannatti lähteä. Uskon että

minulla on hyvät toimintaedellytykset astua työelämään ja tarvittaessa työskennellä ulkomailla.

13.3 Jatkoehdotukset opinnäytetyön pohjalta

Käyttäjäkeskeisen kunnossapitosuunnitelman käyttöönotto ei kuulunut opinnäytetyön aiheeseeni. Uskon, että sen käyttöönotto ei suju ilman ongelmia. Tärkeä osa käyttäjäkeskeisen kunnossapitosuunnitelman käyttöönottoa on motivoida operaat-
torit, jotta he suorittaisivat vaadittavat toimenpiteet. Opinnäytetyö loi tietopohjan ymmärtää, mille vioille toimenpiteet kohdistuivat. Tämä tieto saattaisi osittain moti-
voida operaattoreita ja tämä tieto tulisi saattaa myös heidän tietoonsa.

Käyttäjäkeskeisen kunnossapitosuunnitelman käyttöönoton onnistuessa tulisi miettiä jonkinlainen aikataulu, jossa kunnossapidon toimenpiteet siirtyisivät operaattoreiden tehtäväksi. Siirtymisessä kunnossapidolla on tärkeä rooli opastaa operaattoria työ-
turvallisuuksessa ja kohteen tietojen kertomisessa. Tiedot kattaisivat mm. sen mitä toimenpiteellä halutaan saavuttaa, mitä toimenpiteessä tehdään ja mihin toimenpi-
teessä tulisi keskittyä.

Mikäli kunnossapitoa halutaan tulevaisuudessa kehittää, niin mittaroinnin seuraamis-
ta on jatkettava. Ilman toimivaa mittarointia on vaikea tietää, mitkä kohteet vikaan-
tuvat ja kuinka usein ne vikaantuvat. Mittaroinnin tulisi olla automaattista ja osana
toimintakulttuuria, jossa jokainen vika kirjattaisiin automaattisesti. Tulevaisuudessa
tulisi miettiä, olisiko mahdollista siirtyä paperista ja kynästä esimerkiksi Excel-
ympäristöön, jonne merkinnät tehtäisiin suoraan ilman erillisiä välikäsiä.

RCM tehtiin pitkälti sen hetkisen tietämyksen perusteella, mitä oli. Mikäli vikaantu-
misista ilmenee uutta tietoa, niin se olisi hyvä päivittää RCM-tiedostoon. Tällöin tulisi
myös miettiä, onko olemassa teknisesti ja taloudellista järkevää toimenpidettä uudel-
le vikamuodolle.

LÄHTEET

Borris, S. 2006. Total Productive Maintenance. New York: The McGraw-Hill Companies.

Dhillon, B.S. 2006. Maintainability, Maintenance, and Reliability for Engineers. Boca Raton: CRC/Taylor & Francis.

Järviö, J., Piispa, T., Parantainen, T. & Åström, T. 2011. Kunnossapito. Kunnossapidon julkaisusarja, n:o 10, 4. lisäpainos. Helsinki: KP-Media.

Konola, J. & Mäki, K. 2000. Käyttäjäkokemustiedon keruu ja tietojen hyödyntäminen paperiteollisuudessa. Kunnossapitokoulu, Kunnossapito-lehden erikoisliite. Julkaisu 58, Kunnossapito-lehti 6/2000, 5–6.

Laine, H. 2010. Tehokas kunnossapito-tuottavuutta käynnissäpidolla. Kunnossapidon julkaisusarja, 16. Helsinki. KP-Media.

Mäki, K. 2000. Kunnossapidon historiatiedon hallinnan kokonaismalli. Lisensiaatin-tutkimus. Tampereen teknillinen korkeakoulu, Konetekniikan osasto/Koneensuunnittelu.

Marjakoski, M. 2011a. Kunnossapidon tapahtumatietojen luokittelu. Opetusmateriaali. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Viitattu 5.9.2012. www.jamk.fi/opiskelijoille, Optima.

Marjakoski, M. 2011b. Ennakoivan kunnossapidon suunnittelu, RCM- prosessin vaiheet. Opetusmateriaali. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Viitattu 9.9.2012. www.jamk.fi/opiskelijoille, Optima.

Marjakoski, M. 2012. Availability performance, Basics of maintenance. Opetusmateriaali. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Viitattu 10.9.2012. www.jamk.fi/opiskelijoille, Optima.

Markkanen, J. 2011. Käytön ja kunnossapidon yhteistyö. Promaint-lehti 2/2011, 18–22.

Mikkonen, H. 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito. Kunnossapidon julkaisusarja N:o 13, 1. Helsinki. KP-Media.

Moubray, J. 1997. Reliability-Centered Maintenance, 2s. New York: Industrial Press.

Numminen, A. 2005. Operator Driven Reliability (ODR) osana käynnissäpito- ja kunnossapitotoimintaa. Kunnossapito 1/2005, 32 - 34 . Viitattu 12.9.2012. http://www.promaint.net/alltypes.asp?d_type=1&menu_id=110R

PSK 6201. 2011. Kunnossapito, käsitteet ja määritelmät. 3p. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys. Viitattu 27.8.2012. <http://www.jamk.fi/kirjasto> , Nelli-portaali, PSK Standardit.

PSK 7501. 2010. Prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut. 2p. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys. Viitattu 29.8.2012. <http://www.jamk.fi/kirjasto> , Nelli-portaali, PSK Standardit.

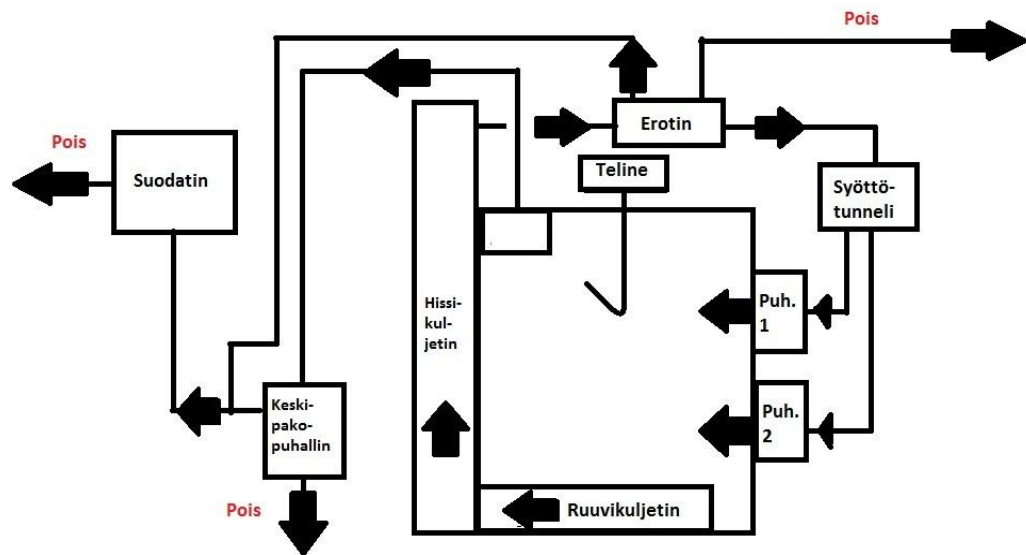
SFS-EN 13306. 2010. Kunnossapito. Kunnossapidon terminologia. 2p. Helsinki: Suomen Standardisointiliitto SFS. Viitattu 29.8.2012 <http://www.jamk.fi/kirjasto> , Nelli-portaali, SFS-standardit.

Smith, A. & Hinchcliffe, G. 2003. RCM-Gateway to world class maintenance. Burlington: Elsevier Butterworth-Heinemann.

Teknikum. 2011. Teknikum presentation. Teknikumin sisäinen esitysmateriaali.

LIITTEET

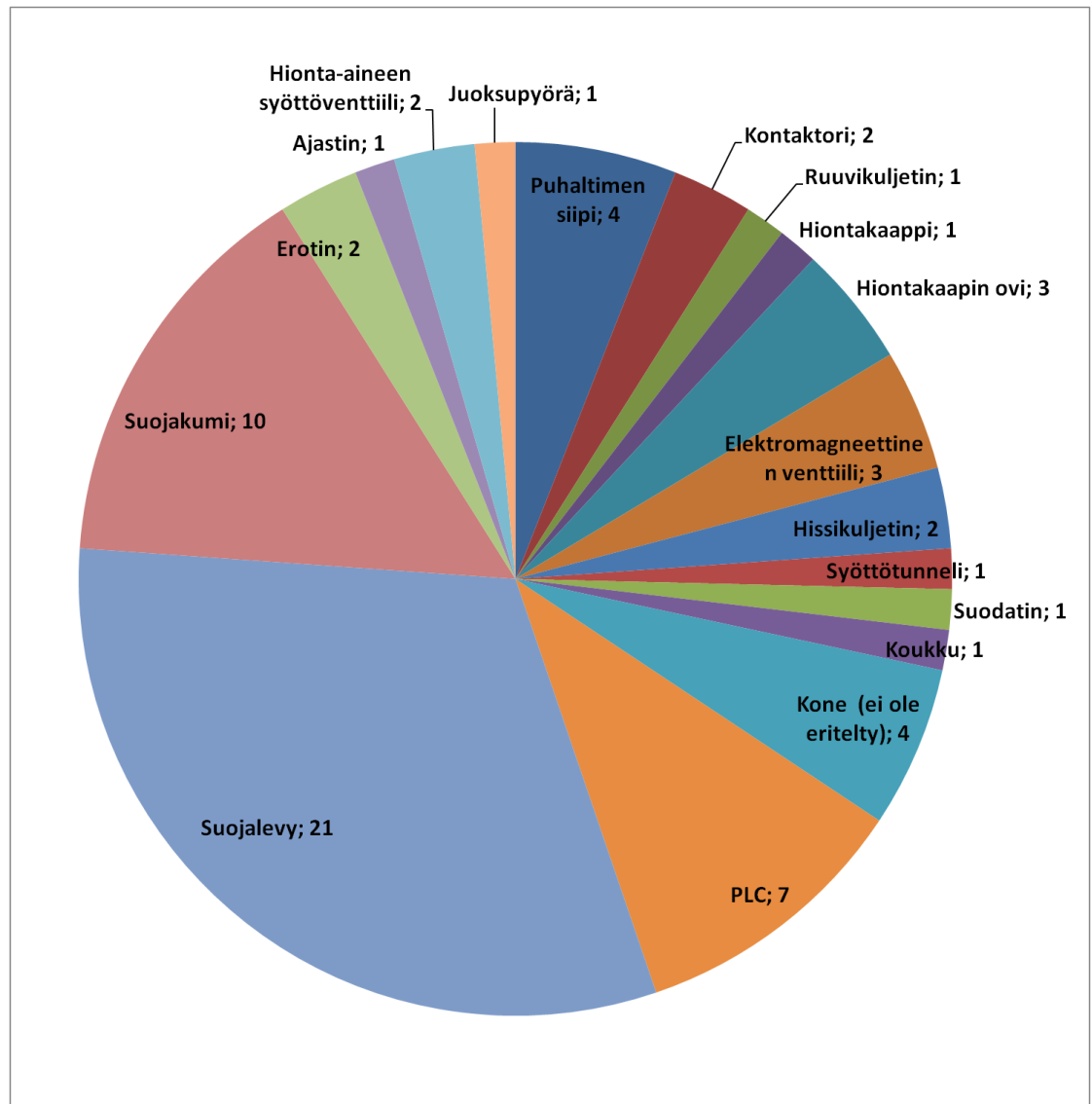
Liite 1. Hionta-aineen kiertokulku



Liite 2. Vian vaikutukset ja seuraukset

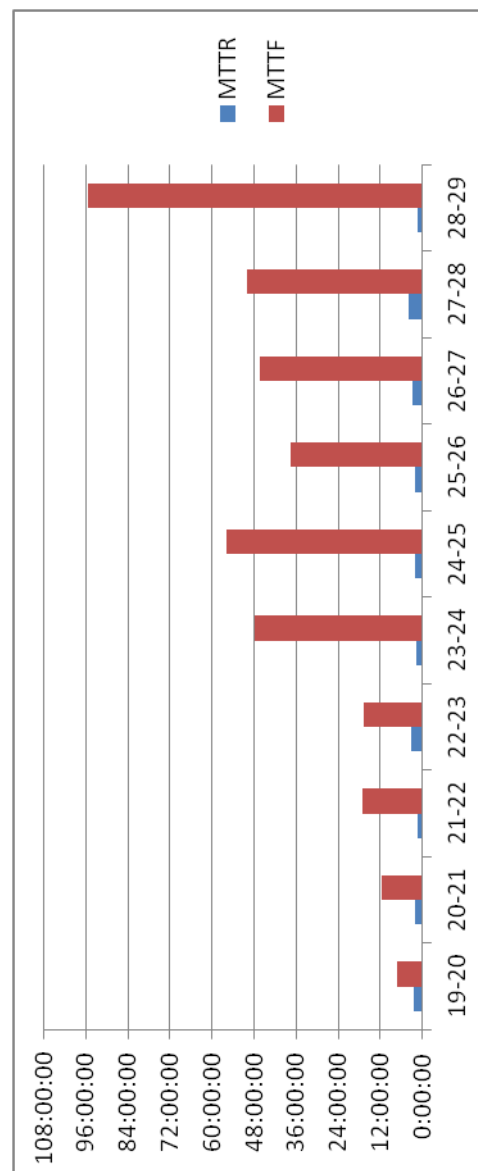
Toiminto	ID	Vikamuoto	ID	Päätös	Vaikutus
Syöttää hionta-aine syöttötunnelista puhaltimelle	1	Syöttöluukku ei avaudu	1.1	x	P
		Pneumatiikka järjestelmä ei tuota painetta	1.2	x	P
		Hionta-aineen pudotuskohta väärä	1.3	x	H/L
Puhalttaa hionta-aine haluttuun kohteeseen	2	Puhallinyksikkö värähtelee	2.1	x	H
		Moottorin laakerivaurio	2.2	x	H
		Puhallin epätasapainossa	2.3	x	H
		Puhallin väljästi kiinni (vällys)	2.4	x	H
		Suojalevy kulunut puhki	2.5	x	H/P
		Siipi kulunut tai irronnut	2.6	x	H/P
		Hot spot suunnattu väärin	2.7	x	H/L
		Hionta-aineen koostumus väärä	2.8	x	H/L
Siirtää puhallettu hionta-aine ruuvikuljettimella hissikuljettimeen	3	Ruuvikuljetin jumissa	3.1	x	P
		"Ruuvit" kuluneet	3.2	x	H
		Käyttöketju kulunut	3.3	x	H
Nostaa hionta-aine erottimelle	4	Kauhat löysällä	4.1	x	H
		Kauhat irronneet	4.2	x	H/P
		Hissikuljettimen hihna katki	4.3	x	P
		Hissikuljettimen hihna löysällä	4.4	x	H
		Hissikuljetin jumiutunut	4.5	x	P
		Käyttöketju kulunut	4.6	x	H
Erotaa hissikuljettimelta tullut hionta-aine alipaineen avulla	5	Alipainepuhallin ei pyöri	5.1	x	H/P
		Alipainepuhallin pyörii liian hitaasti	5.2	x	H
		Järjestelmä vuotaa hionta-ainetta	5.3	x	H
		Suodattimet ovat tukossa	5.4	x	H/P
		Erotin kulunut puhki	5.5	x	P
		Pyörrepuhallin tukossa	5.6	x	H/P
Sulkea hiontakopin ovet	6	PLC ei anna käskyä sulkea ovia	6.1	x	P
		Pneumatiikka järjestelmä ei tuota painetta	6.2	x	P
		Pneumatiikka-jakokeskus vuotaa	6.3	x	H
		Kuluneet kumit kaapissa	6.4	x	H/P
		Hiontakaapista vuotaa hionta-ainetta	6.5	x	H
sähkökaappi	7	Sähkökaapissa hionta-aine pölyä	7.1	x	H

Liite 3. Kertyneet viat lukumäärineen



Liite 4. Käytettävyyden kehitys

Jakso	MTTR	MTTF	A (%)
19-20	2:25	7:04:00	74,5
20-21	1:59	11:33:00	85,3
21-22	1:29	17:00:00	91,1
22-23	3:07	16:32:00	84,1
23-24	1:33	47:48:00	96,8
24-25	2:00	55:50:00	96,5
25-26	2:11	37:26:00	94,5
26-27	2:50	46:30:00	94,3
27-28	3:50	49:50:00	92,9
28-29	1:15	95:30:00	98,7



Liite 5. Oros varsinaisesta suunnitelmasta operaattoreille

Check condition of the protection boards

检查保护板的情况

- Pay attention, is there split or wear in the protection board.
注意保护板有没有裂纹或磨损
- Meaning of the check is found wear of the protection board enough early that it can change for new one before it wear out.
检查的目的是能早一点发现异常在保护板磨损之前换一块新的。
- Fast action can prevent other secondary failures.
及时采取措施能预防其他故障发生
- If you can find split or abnormal wear in protection board, notice it for maintenance.
如果发现保护板有任何裂纹或磨损，及时通知维修

